

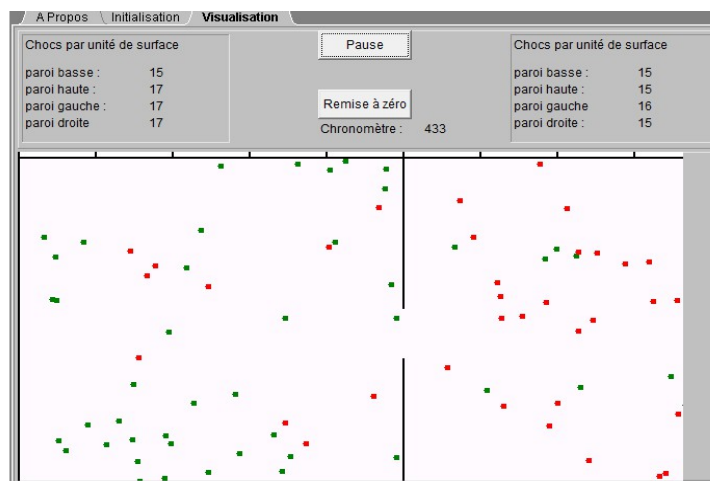


Haute école pédagogique du Valais  
Pädagogische Hochschule Wallis

**Formation professionnelle - Secondaire I**

**Mémoire professionnel - Volée 2010**

# ***L'utilisation d'appliquettes pour travailler avec le modèle moléculaire en 2CO***



*Réalisé par :*

**Stéphane Fournier**

**Rue des Platanes 19**

**1950 Sion**

*Sous la direction de :*

**Sylvia Müller**

*St-Maurice, le 31 mai 2013*

## Résumé

Ce travail porte sur l'intégration de l'informatique dans une séquence sur le thème “ la matière ” pour des élèves de 2CO. Le but est d'utiliser des appliquestes afin d'aider les élèves à travailler avec le modèle moléculaire pour expliquer les différents états, phénomènes et grandeurs physiques tels que la température et la pression.

Tout d'abord, nous avons défini le concept de modèle et exploré le modèle moléculaire de la matière. Nous avons ensuite réalisé un bilan de l'intégration des TIC, et plus particulièrement des simulations, dans l'enseignement. Nos recherches dans la littérature ont enfin permis l'explicitation de quelques critères de sélection d'appliquestes.

Pour réaliser notre recherche, nous avons sélectionné 24 appliquestes et les avons analysées à l'aide de deux critères : le graphisme (typologie RISC) et les interactions. Nous avons ensuite choisi en fonction de ces critères les appliquestes qui seront proposées à nos élèves. Nous avons préparé une séquence sur le chapitre de la matière et l'avons proposée à une classe de 2CO de niveau II. L'analyse *a posteriori* a permis de relever le degré d'appropriation du modèle par les élèves. Suite aux difficultés rencontrées durant la séquence, nous avons rajouté un troisième critère de sélection, l'utilisabilité, et relevé l'importance d'intégrer les TIC dans une pédagogie innovante.

## Mots-clés

TIC – informatique – simulation – appliqueste – modèle moléculaire – physique – utilisabilité

# Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1 L'informatique.....	1
1.2 Les sciences expérimentales.....	1
1.3 Le déroulement du travail.....	2
2. Problématique : le modèle moléculaire.....	3
2.1 Modèle et modélisation.....	3
2.1.1 Définition du modèle.....	3
2.1.2 Activités sur les modèles.....	4
2.1.3 Démarche scientifique et démarche de modélisation.....	5
2.2 La matière et le modèle moléculaire.....	6
2.2.1 Le savoir savant : le macroscopique.....	6
2.2.2 Le savoir savant : le microscopique avec le modèle moléculaire.....	6
2.2.3 Le savoir enseigné.....	7
2.2.4 Liste des difficultés rencontrées par les élèves.....	8
3. Cadre conceptuel – L'utilisation des moyens informatiques.....	9
3.1 Les TIC.....	9
3.1.1 Définition des TIC.....	9
3.1.2 Une intégration difficile des TIC.....	9
3.1.3 Discussion sur l'efficacité des TIC.....	10
3.1.4 Une nouvelle pédagogie.....	11
3.1.5 Analyse de scénarios et de dispositifs par le tétraèdre d'intégration.....	12
3.2 Les simulations.....	14
3.2.1 Différences entre animation, logiciel de simulation et de modélisation.....	14
3.2.2 La simulation.....	14
3.2.3 La simulation dans la démarche scientifique.....	15
3.2.4 La simulation libre et la simulation guidée.....	16
3.2.5 Les appliquestes.....	17
3.3 Les critères de sélection des appliquestes.....	18
3.3.1 Premier critère : Le graphisme ou la typologie RISC.....	18
3.3.2 Deuxième critère : l'interactivité et l'interaction.....	19
3.3.3 Troisième critère : l'ergonomie logicielle et l'utilisabilité.....	20
3.4 Carte conceptuelle.....	22
4. Définition de l'objet du mémoire.....	24
4.1 Vers les appliquestes.....	24
4.2 Questions de recherche.....	25
4.3 Hypothèses.....	25
5. Le dispositif méthodologique.....	26
5.1 La recherche-action.....	26
5.2 Echantillon choisi et supports.....	26
5.3 Situation du chapitre dans le cursus scolaire.....	27
5.4 Planification générale de l'expérimentation.....	27
6. Le choix du logiciel.....	29
6.1 Recueil de données : la classification des appliquestes.....	29
6.1.1 Le graphisme.....	29
6.1.2 Les interactions.....	29
6.2 Analyses des appliquestes.....	30
6.2.1 Le graphisme.....	30
6.2.2 Les interactions.....	33
6.2.3 Bilan provisoire et choix des appliquestes.....	34
7. La passation de la séquence.....	36
7.1 Déroulement.....	36

7.2 Analyse du cours et interprétations des résultats.....	37
7.3 Bilan des appliquestes.....	44
7.4 Un nouveau critère : l'utilisabilité.....	45
7.5 Retour sur le choix des appliquestes.....	49
7.6 Retour sur les hypothèses.....	50
8. Conclusion.....	51
8.1 Limites de la démarche.....	51
8.2 Développements personnels.....	51
9. Bibliographie.....	53
10. Annexes.....	57
Analyse des appliquestes.....	58
Planification de la séquence.....	75
Dossier de l'élève.....	85
Pré-tests et post-tests.....	93
Fiche élève pour le logiciel de simulation des gaz.....	97
Description du logiciel “ Atelier théorique cinétique des gaz ”.....	104
Objectifs.....	107
Attestation d'authenticité.....	109

# 1. Introduction

## 1.1 L'informatique

Depuis août 2011 et la mise en application de la nouvelle grille horaire en Valais, les élèves du CO n'ont plus qu'un cours d'informatique d'une heure par semaine en première année. Selon le plan d'études romand (Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin [CIIP], 2010), l'apprentissage des technologies de l'information et la communication, notamment de l'informatique, est intégré dans les branches spécifiques. Nos nombreux échanges avec des professionnels de l'enseignement nous montrent que la plupart des enseignants s'estiment insatisfaits de cette décision car ils ne se sentent pas compétents dans le domaine de l'informatique et trouvent que le programme est déjà suffisamment chargé sans rajouter des objectifs liés aux technologies de l'information et de la communication. Malgré ces réfractaires, plusieurs initiants prônent l'utilisation de l'informatique, notamment les conseillers multimédias qui proposent des pistes sur le site internet de la Haute école pédagogique du Valais (HEP-VS)<sup>1</sup>. Le groupe d'animation des sciences expérimentales a, quant à lui, répertorié sur son site internet des ressources nécessitant l'utilisation de l'informatique pour les chapitres du programme de 1CO<sup>2</sup>. Cet effort pour créer des banques de données marque le début de la volonté d'intégrer pleinement les technologies de l'information et de la communication, et tout particulièrement l'informatique, dans les salles de sciences.

Pour notre part, l'informatique est un domaine qui nous passionne depuis longtemps, notamment la construction de sites internet. Nous avons très vite recherché des animations et des vidéos pédagogiques en tout genre afin de rendre notre enseignement plus vivant. Cependant, si la toile regorge de ressources informatiques, leur qualité demeure très discutable et il n'est pas toujours aisé de les utiliser efficacement dans un but pédagogique. Une question a éveillé notre curiosité : comment utiliser de manière réfléchie et efficace les animations trouvées sur internet ?

## 1.2 Les sciences expérimentales

Depuis 2009, la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP) a introduit dans les écoles suisses l'approche par compétences. Les sciences de la nature doivent permettre de : “développer l'intérêt et la curiosité”, “questionner et examiner”, “exploiter les informations”, “classer, structurer, modéliser”, “apprécier et évaluer”, “développer et transposer”, “communiquer et échanger” et “travailler en autonomie, collaborer avec les autres” (CDIP, 2011). L'enseignement des sciences prend un tournant décisif en mettant l'accent sur les démarches, les raisonnements et en mobilisant des compétences. Ainsi, l'intérêt de mettre en place des activités expérimentales dans les classes de sciences n'est plus à prouver. Les directions des cycles régionaux du Valais s'activent actuellement pour rajouter des salles de sciences et acheter du matériel conséquent. La HEP-VS fournit des cours obligatoires et optionnels centrés sur l'expérimentation et son évaluation, les élèves eux-mêmes se représentent la science comme une branche composée de

1 [http://animation.hepvs.ch/ict-fr/index.php?option=com\\_weblinks&view=category&id=70&Itemid=228](http://animation.hepvs.ch/ict-fr/index.php?option=com_weblinks&view=category&id=70&Itemid=228). [Consulté le 16 avril 2013]

2 [http://animation.hepvs.ch/sciences-de-la-nature/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=121](http://animation.hepvs.ch/sciences-de-la-nature/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=121). [Consulté le 3 avril 2013]

scientifiques réalisant toutes sortes d'expériences invraisemblables. Pourtant, le plan d'études romand (CIIP, 2010) met aussi l'accent sur d'autres activités qui nécessitent le recours à des modèles existants ou la présentation de modélisations. Ce dernier concept nous est peu familier. Comprenant son importance depuis l'introduction du plan d'études romand, nous avons profité de ce travail pour mieux le définir et planifier une séquence proposant une activité sur un modèle.

Un cours de formation continue dispensé par la HEP-VS sur la matière et ses transformations nous a permis de comprendre l'intérêt d'une activité autour du modèle moléculaire en 2CO afin d'aider l'élève à expliquer les différents états de la matière, divers phénomènes et grandeurs physiques. L'intérêt d'utiliser une simulation informatique dynamique afin de pouvoir observer le déplacement des molécules nous a paru évident. Nous nous sommes posé une première question qui a servi de point de départ pour notre recherche : les moyens informatiques peuvent-ils aider l'élève dans son processus de compréhension du concept de la matière ?

### ***1.3 Le déroulement du travail***

Suite à ce questionnement initial, nous définirons dans la problématique le concept de modèle et explorerons le modèle moléculaire de la matière. Dans le cadre conceptuel, nous réaliserons un bilan de l'utilisation de l'informatique, et plus particulièrement des simulations, dans les salles de classe. Les recherches théoriques vont nous permettre d'élaborer des critères afin de sélectionner les moyens informatiques appropriés. Nous pratiquerons finalement une recherche-action en réalisant une séquence complète. L'analyse *a posteriori* permettra de réfléchir sur notre pratique. Cette démarche réflexive correspond aux objectifs personnels et institutionnels de ce travail, à savoir, s'inscrire "dans une démarche compréhensive et utile au développement de la pratique professionnelle" (HEP-VS, 2011). Ainsi, le lien entre la théorie et la pratique nous semble primordial pour évaluer et réguler notre enseignement.

## 2. Problématique : le modèle moléculaire

### 2.1 Modèle et modélisation

#### 2.1.1 Définition du modèle

Il est difficile de donner une définition d'un modèle. Nous retiendrons la définition qui clôt l'analyse de Drouin sur les modèles (1988) :

Le modèle est "quelque chose" (objet concret, représentation imagée, système d'équations...) qui se substitue au réel trop complexe, ou inaccessible à l'expérience, et qui permet de comprendre ce réel par un intermédiaire plus connu ou plus accessible à la connaissance ; mais ce substitut a parfois pour fonction, non pas d'expliquer un processus, mais d'en calculer les variations, de faire des "prévisions" alors même que le réel étudié garde son statut de "boîte noire" (p. 12).

Ainsi, un modèle permet de représenter et d'explorer le monde réel afin de l'expliquer, de résoudre des problèmes et d'élaborer des théories. C'est un substitut du réel qui a l'avantage d'être plus manipulable et plus compréhensible. Il se situe entre la théorie et la réalité. Il est construit par la réalité telle que nous l'observons, appelée par Martinand (1994) phénoménographie voir phénoménotechnique dans le cas, par exemple, d'un signal issu d'un capteur. L'utilisation du modèle permet d'explorer des propriétés du réel appelées phénoménologie.

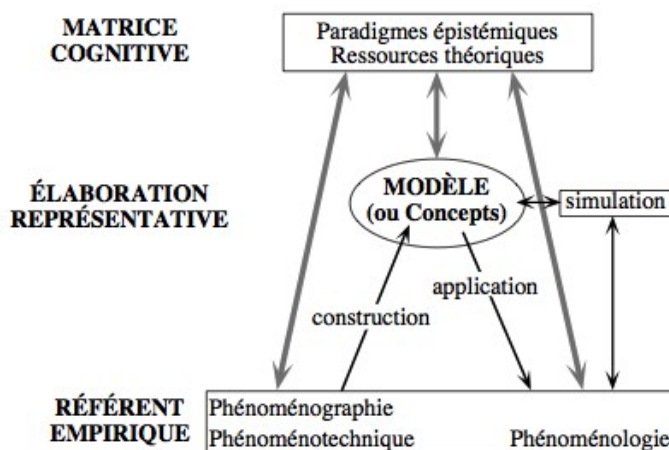


Illustration 1: Schéma de la modélisation (Martinand, 1994)

Dans l'enseignement obligatoire, un modèle vise essentiellement à simplifier le réel trop complexe afin de comprendre le monde qui nous entoure. Cependant, le modèle ne reflète jamais complètement la réalité et reste, de ce fait, limité, d'où la distinction entre phénoménologie et phénoménographie. L'application d'un modèle va permettre de tester son domaine de validité. Plus ce dernier est grand, plus le modèle est utile puisqu'il permet d'expliquer plus de choses. Un modèle peut être enrichi : à partir d'un germe de départ, il est possible d'améliorer le modèle en rajoutant de nouveaux référents, c'est ce que Martinand (1994) appelle *la reprise amplifiante*.

### 2.1.2 Activités sur les modèles

Il existe trois manières d'utiliser les modèles dans l'enseignement (Toussaint, 2004, p. 7 ; Beaufiles & Richoux, 2003) : la présentation, l'utilisation ou la construction de modèles. A noter que ces trois activités sont visibles sur le schéma précédent (illustration 1).

1) La présentation de modèles représente l'activité la plus courante en salle de classe. Les élèves tentent de s'approprier un modèle qui leur est imposé, qui est explicité et dont la mise en fonctionnement est programmée.

2) L'utilisation de modèles permet, à l'aide d'une simulation, d'explorer les propriétés d'un modèle existant. Un certain nombre de paramètres choisis par le concepteur peuvent être modifiés afin d'agir sur le modèle et explorer ses propriétés.

3) La construction de modèles, appelée aussi la modélisation, représente l'activité d'élaboration d'un modèle. Ce dernier n'est pas donné mais doit être construit par les élèves. Cette démarche s'inscrit dans une approche constructiviste de l'apprentissage. Des recherches ont montré qu'une activité de modélisation peut contribuer au développement cognitif des élèves (Mellar, Bliss, Boohan, Ogborn & Tompsett, 1994, cités par Depover, Karsenti & Komis, 2007, p. 121). Contrairement à ce que pensent certains enseignants, proposer un travail de compréhension autour d'un modèle imposé n'est pas une activité de modélisation.

En observant ces trois situations, nous remarquons qu'un modèle peut être soit imposé soit construit par l'élève. Imposer un modèle permet principalement de travailler sur les premiers niveaux de la taxonomie de Bloom, à savoir la connaissance, la compréhension et l'application. Le but est d'amener l'élève à s'approprier le modèle, c'est-à-dire à le comprendre, à connaître ses limites, voire à être capable de l'utiliser dans une simulation. L'enseignant, en proposant une activité de présentation et d'utilisation d'un modèle, permet aux élèves d'améliorer leurs connaissances et facilite la compréhension de concepts difficiles. Cependant, l'efficacité peut être discutée :

L'insatisfaction ressentie devant un enseignement dogmatique où les modèles sont présentés comme des évidences non questionnées, non rattachées à des problèmes, le rejet par les élèves de ce dogmatisme, la critique destructrice l'année suivante de ce qu'on a introduit [...] incitent à réfléchir sur la manière dont on pourrait enseigner et faire apprendre la modélisation (Martinand, 1994).

De plus, Larcher, Chomat et Méheut (1990, p. 54) relèvent que les modèles sont parfois présentés, notamment dans les manuels scolaires, de manière très différente. Leurs auteurs donnent l'exemple de l'atome, présenté tantôt par une bille dure et tantôt par une représentation planétaire avec des électrons tournant autour d'un noyau. Un même manuel passe régulièrement d'un modèle de l'atome à l'autre sans justification, ce qui peut être source de difficultés chez l'élève.

Par contre, une activité de modélisation, en imposant l'élaboration d'un modèle, permet à l'élève d'y trouver du sens tout en l'aidant à construire son savoir. Cette conception constructiviste favorise l'apprentissage de compétences (Orange, 1997). Tout comme l'expérimentation, l'activité de modélisation fait partie intégrante de la démarche scientifique. Cette dernière notion doit à présent être définie.



### 2.1.3 Démarche scientifique et démarche de modélisation

L'enseignement des sciences a longtemps fonctionné selon un modèle transmissif : l'enseignant détient le savoir et le dispense aux élèves. En 1934, Popper pose les bases de la démarche hypothético-déductive : l'élève formule des hypothèses et tente de les confirmer ou infirmer afin de construire son savoir (Popper, 1934/1989). Dès les années 1980, la démarche scientifique fut résumée par le sigle OHERIC qui suit un raisonnement très linéaire : observations, hypothèses, expériences, résultats, interprétations et conclusions (Giordan, 1978). Ce modèle a été présenté par Giordan pour critiquer la volonté de linéariser la méthode scientifique par certains enseignants. Cependant, cette méthode a obtenu un certain succès à l'insu de son auteur.

Ce modèle s'avère cependant incomplet puisque le questionnement issu d'un problème n'est pas pris en compte. Pourtant, la notion de problème demeure au cœur de la démarche scientifique :

Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et, quoi qu'on dise, dans la vie scientifique les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit (Bachelard, 1938).

Ainsi, le modèle OHERIC a été amélioré par Cariou (2002). Cet auteur a proposé le sigle DiPHTeRIC pour résumer la démarche scientifique. La formulation d'un problème et l'explicitation d'hypothèses à vérifier constituent une partie cruciale de cette nouvelle démarche.

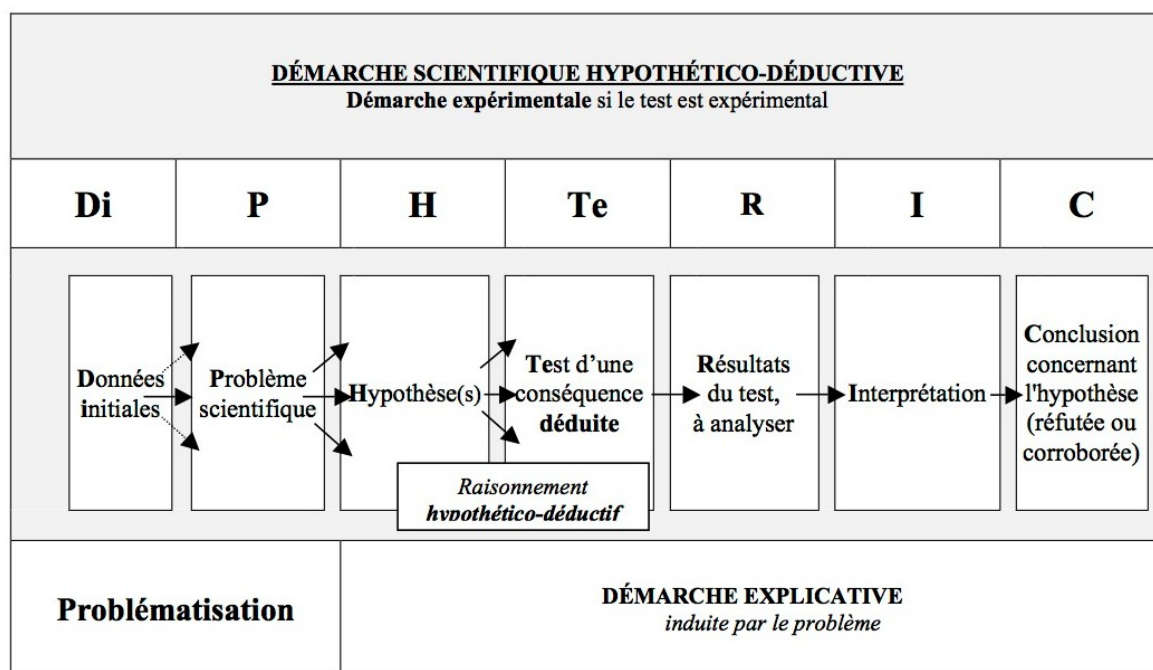


Illustration 2: La démarche DiPHTeRIC (Cariou, 2002)

A ce schéma s'ajoutent des flèches de retour en arrière car le modèle n'est pas linéaire. Le résultat peut amener de nouvelles hypothèses.

Dans le modèle DiPHTeRIC le “Te” représente le test, c'est-à-dire l'activité de recherche qui peut être réalisée à l'aide de quatre démarches différentes : l'observation, la documentation, l'expérimentation et la modélisation. Cette dernière ne doit pas être sous-estimée :

L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique. Passer du concret à l'abstrait, de l'observation à sa traduction formalisée demande que l'on soit capable d'extraire du monde réel une représentation simplifiée (Institut pédagogique national, 1999, cité par Toussaint, 2004, p.1).

## 2.2 La matière et le modèle moléculaire

Dans cette partie, le savoir savant, le savoir enseigné et les principales difficultés des élèves pour le chapitre sur la matière seront analysés. La découverte au niveau macroscopique des états de la matière, des divers phénomènes et des grandeurs physiques peut être réalisée expérimentalement. Les explications nécessitent, quant à elles, le recours au modèle moléculaire.

### 2.2.1 Le savoir savant : le macroscopique

Il est souvent possible, à basse pression, de négliger le volume des molécules par rapport à la distance qui les séparent ainsi que leurs interactions (forces de Van der Waals). Dans cette situation idéale, on appelle le gaz un *gaz parfait*. Il est soumis à la loi d'Avogadro qui présente les relations entre les différentes grandeurs physiques :

$$PV = nRT$$

Où P représente la pression du gaz (en pascal)

V le volume occupé par le gaz (en mètre cube)

n la quantité de matière (en mole)

R la constante des gaz parfaits ( $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

T la température en Kelvin (en kelvin)

A température constante, l'équation devient

$$PV = \text{constante}$$

C'est la loi de Boyle Mariotte. Ainsi, si la pression augmente alors le volume diminue. Selon la loi de Charles, à volume constant, la pression d'une même quantité de gaz est proportionnelle à la température. Quant à la loi de Gay-Lussac, à pression constante, le volume occupé par une même quantité de gaz est proportionnel à la température.

### 2.2.2 Le savoir savant : le microscopique avec le modèle moléculaire

Les différentes grandeurs physiques telles que la température et la pression peuvent être expliquées grâce au modèle moléculaire de la matière, appelé aussi le modèle cinétique des gaz. Un très grand nombre de molécules (ou particules) composent la matière et sont représentées par des sphères insécables et indéformables. Lorsque le gaz est parfait, le rayon des molécules est négligeable par rapport à la distance qui les sépare. Les interactions entre les molécules sont aussi négligeables. Les collisions contre la paroi sont élastiques : lors d'un choc, la quantité de mouvement du système est conservée. Un gaz homogène est représenté par des molécules de même couleur.

### La compression et les états de la matière

La compression d'un gaz est expliquée par le rapprochement des molécules. Les molécules sont faiblement liées dans un gaz et fortement dans un solide. L'état liquide est un état intermédiaire. Selon le modèle, la liquéfaction par compression est possible car les molécules du gaz se rapprochent jusqu'à ce que des liaisons se forment. Cependant, dans la réalité, tous les gaz ne sont pas liquéfiables par compression (limite du modèle).

### La diffusion

Les molécules sont soumises à un mouvement rapide (500 m/s à 300 K) et désordonné. Cependant, la diffusion macroscopique d'un gaz est lente du fait des nombreux chocs entre les molécules. Il y a homogénéité et isotropie de la distribution des vitesses des particules. Les molécules, à cause des chocs aléatoires, suivent un mouvement brownien.

### La pression

Les explications suivantes ont été reprises du site internet de Vandenbrouck et Ducros (2006).

D'un point de vue macroscopique, la pression dépend de la force par unité de surface.

$$P = \frac{F}{S}$$

D'un point de vue microscopique, la pression cinétique  $P_c$  d'un gaz parfait donne :

$$P_c = \frac{1}{3} n m u^2$$

où  $m$  est la masse des particules,  $n$  la densité particulaire et  $u$  la vitesse quadratique moyenne. La pression mesure l'importance des chocs des particules d'un gaz sur un solide ou un liquide.

### La température

Leur agitation, appelée agitation moléculaire, ou agitation thermique, est perpétuelle. Plus la température est haute, plus les particules bougent rapidement. La température minimale s'appelle le zéro absolu (0 Kelvin) : les molécules ne bougent plus du tout.

La température est donc liée à l'agitation des molécules. La température cinétique  $T_c$  d'un gaz parfait donne :

$$\frac{1}{2} m u^2 = \frac{3}{2} k_b T_c$$

Calculer la température cinétique revient à calculer l'énergie cinétique moyenne microscopique.

## **2.2.3 Le savoir enseigné**

Au niveau macroscopique, la loi des gaz parfaits n'est pas explicitée. Par contre, l'étude du modèle microscopique nous permet de constater que la pression augmente avec la température et le nombre de particules, mais est inversement proportionnelle au volume.

Voici les liens entre les phénomènes macroscopiques de la matière et leur explication par le modèle moléculaire que les élèves doivent maîtriser.

Phénomène macroscopique	Explication par le modèle
La compressibilité des gaz	Les particules se rapprochent.
Les corps purs	Les molécules sont toutes de la même couleur.
Les solides	Les particules sont fortement liées entre elles.
Les liquides	Les particules sont faiblement liées entre elles. Elles peuvent se chevaucher.
Les gaz	Les particules ne sont pas liées entre elles.
La diffusion d'un gaz	Les particules vont dans toutes les directions et occupent tout l'espace à disposition. Les particules de gaz se mélangent.
La pression d'un gaz	Les chocs des molécules
La température	La vitesse des particules

*Tableau 1: L'explication par le modèle moléculaire*

## 2.2.4 Liste des difficultés rencontrées par les élèves

Pour lister les difficultés des élèves, nous nous inspirons des travaux réalisés par Chauvet et Douay (s. d.). L'élève a tendance à mélanger les niveaux macroscopiques et microscopiques. En effet, il peut expliquer la compression par le tassement ou la compression des particules. Or, les molécules sont insécables et indéformables.

Les difficultés principales sont :

- La conservation des particules lors des transformations physiques, d'une compression ou d'un chauffage. En effet, chauffer un corps peut revenir, pour certains élèves, à lui donner de la matière.
- La matière est représentée par les molécules ; entre elles, il n'y a rien.
- La prise en compte de la pression atmosphérique.
- La différence entre la température et la chaleur.

Les notions étudiées (compression, changement d'état physique, pression, température) sont liées au mouvement dynamique des molécules. Nous supposons que les moyens informatiques peuvent, par une simulation, aider l'élève dans son appropriation du modèle particulaire.

### 3. Cadre conceptuel – L'utilisation des moyens informatiques

#### 3.1 Les TIC

##### 3.1.1 Définition des TIC

Le sigle TIC signifie *Technologies de l'information et de la communication*. Plusieurs autres abréviations peuvent être utilisées : TICE pour *Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement*, NTIC pour *Nouvelles technologies de l'information et de la communication*, ICT pour *Information and communication technologies*, ou, plus largement, MITIC pour *Médias, images, technologies de l'information et de la communication*. Cette dernière dénomination concerne une des thématiques de la formation générale du plan d'études romand.

Ces termes regroupent différents outils multimédias, tels que l'ordinateur, le lecteur MP3, la caméra, l'appareil photo, les jeux vidéo, les tablettes et les téléphones cellulaires. Dans le cadre de ce travail, seuls les ordinateurs sont pris en compte.

##### 3.1.2 Une intégration difficile des TIC

Historiquement, l'invention de l'écriture puis de l'imprimerie ont constitué deux révolutions pour l'humanité dont les conséquences sur notre savoir ont été importantes. De nos jours, avec l'expansion de l'informatique, nous vivons à nouveau une grande révolution selon Michel Serres (2012, cité par Thibert, 2012). Tout comme Socrate redoutait que l'arrivée de l'écriture ait des conséquences négatives sur les capacités de mémorisation, plusieurs personnes ont à présent peur que notre capacité de concentration diminue suite à l'expansion des technologies modernes. Chaque révolution engendre son lot de doutes et d'inquiétudes pour l'avenir.

Les jeunes utilisent beaucoup les TIC. Selon les enquêtes du Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO) auprès des jeunes, “ 84% d'entre eux possèdent un lecteur de type MP3 en 2008 (un iPod, par exemple), 64% ont un ordinateur de bureau ; et 60%, une console de jeu vidéo ; 57%, un téléphone cellulaire conventionnel, 39% un ordinateur portable ” (CEFRIO, 2011).

Le CEFRIO en déduit : “ En fait, les TIC sont partout [...] sauf dans les salles de classes ! ”. Depuis quelques années, les politiques ont pourtant montré une réelle envie d'investissement dans les TIC et ont permis le financement pour équiper les salles de classe. Pourtant, certains facteurs amènent une résistance à ces changements. Sauvé, Wright et St-Pierre (2004) les ont regroupés en quatre catégories. La première est liée à l'économie d'enseignement qui comprend le surplus de travail que qu'occasionne la création de nouvelles planifications intégrant les TIC ainsi que le manque de temps. La deuxième correspond à la transformation du style pédagogique qui demande un changement par rapport à la manière habituelle d'enseigner. Fourgous (2010) souligne que les modes d'évaluation et de certification n'ont pas évolué, ne prennent pas en compte le numérique et peuvent ainsi freiner son usage. La troisième est liée aux obstacles organisationnels tels que la déficience du soutien technique ou l'inadéquation du matériel. Thibert (2012) explique que “ si les équipements d'établissements se sont nettement améliorés, les difficultés résident dans le manque d'encadrement et de logiciels d'apprentissage appropriés (notamment pour les mathématiques et les

sciences) ”. Nous pouvons aussi citer des difficultés liées aux effectifs de classe et aux contraintes horaires (Alluin, 2010, cité par Thibert, 2012). Quant au quatrième facteur (Sauvé *et al.*, 2004), il s'agit de la maîtrise insuffisante des outils informatiques ou le manque de formation de l'enseignant. La différence est grande entre les enseignants qui maîtrisent les logiciels complexes et ceux qui peinent à accéder à leur boîte mail. Certains enseignants, qui ne maîtrisent techniquement pas l'informatique, ont peur d'utiliser les TIC devant des élèves.

Cependant, la grande majorité des enseignants utilise quotidiennement les TIC pour leur usage privé et pour la préparation de leurs cours. Thibert (2012, p. 3) présente différentes enquêtes qui convergent vers la même conclusion même si les chiffres présentés sont différents : si la grande majorité des enseignants utilise quotidiennement les outils informatiques pour préparer leurs cours, ils sont beaucoup moins nombreux à les utiliser devant leur classe dans un but pédagogique et encore moins à permettre aux élèves de manipuler eux-mêmes les outils informatiques. Certaines personnes refusent d'intégrer les TIC et voient l'ordinateur comme un objet d'amusement. Les TIC, en particulier Internet, sont aussi perçues comme des concurrentes aux enseignants. En effet, ces derniers ne sont plus les seuls garants du savoir.

### 3.1.3 Discussion sur l'efficacité des TIC

Nous avons relevé les difficultés d'intégration des TIC. Il convient à présent de se demander si les TIC apportent réellement une plus-value dans l'enseignement. Les recherches que nous avons effectuées nous ont permis de relever deux tendances opposées : pour certains, les TIC sont bénéfiques ; tandis que pour d'autres, la différence avec l'enseignement traditionnel reste faible. Dans ce travail, nous ne prétendons pas trancher, mais nous exposons l'état actuel des recherches.

Thomas Russell (1999) a analysé plus de 300 études portant sur l'intégration des TIC. N'ayant pas pu prouver qu'elles apportent réellement quelque chose au niveau des apprentissages par rapport à un enseignement classique, il parle de NSD (No Significant Difference)<sup>3</sup>. Ce terme indique qu'il n'y a aucune preuve que les TIC favorisent l'apprentissage. La plupart des méta-analyses vont dans le sens du NSD et concluent que l'utilisation des TIC n'apporte pas une plus-value significative. Cependant, Thibert (2012) critique ces méta-analyses, notamment celle de Russell, par leur difficulté d'avoir une méthode commune et de parvenir à isoler les TIC sans prendre en compte les autres variables telles que l'organisation (Kirsch, 2008, cité par Thibert, 2012). Il s'avère aussi nécessaire d'être attentif à la manière dont les TIC sont utilisées. Selon Kennisnet (2010), pour évaluer l'apport des TIC dans la construction du savoir, les chercheurs ont souvent privilégié une transmission de connaissances plutôt que d'amener les élèves à construire leur apprentissage. Or, selon les défenseurs des TIC, l'enseignement traditionnel ne permet pas d'exploiter les TIC au maximum et doit être abandonné au profit d'une pédagogie centrée sur l'élève. Thibert affirme que “ la technologie sans changement pédagogique n'apporte rien, ce qui peut expliquer en partie le phénomène NSD, au même titre que les reproches faits aux méthodes de recherche des méta-analyses ” (Thibert, 2012, p.7). Il convient à présent d'explorer cette nouvelle pratique pédagogique.

---

3 Plus d'informations sont disponibles sur son site internet : <http://www.nosignificantdifference.org/> [consulté le 23.04.2013]

### 3.1.4 Une nouvelle pédagogie

La toile regorge d'exercices en ligne. Cependant, ces derniers sont souvent d'approche behavioriste. L'investissement de l'élève est relativement faible : il réagit aux demandes de l'ordinateur. Il s'agit alors d'apprendre *de* l'ordinateur plutôt que d'apprendre *avec* l'ordinateur (Salomon, Perkins & Globerson, 1991, cités par Depover, Karsenti & Komis, 2007, p. 35). Selon le socio-constructivisme, l'élève construit son savoir par les interactions avec son environnement humain mais aussi matériel. Ainsi, les TIC, si elles sont utilisées selon cette approche, permettent de réaliser des processus cognitifs de haut niveau (Depover *et al.*, p. 36), tout en développant des compétences d'ordre cognitif, social, métacognitif et affectif (p. 8). Fourgous (2012) affirme qu'utiliser les TIC avec une pédagogie innovante permet d'orienter sa pratique vers :

- Une pédagogie positive : les outils numériques développent la confiance et la persévérance de l'élève par leur possibilité de feed-back et de dépassement de l'erreur.
- Une pédagogie différenciée : les élèves avancent à leur rythme et l'enseignant peut se consacrer aux élèves qui en ont besoin.
- Une pédagogie collaborative : l'élève interagit avec un environnement virtuel, avec des camarades autour de l'ordinateur ou encore à distance (forums, wikis...).
- Une pédagogie active développant la créativité et l'innovation : Internet permet de connecter les savoirs et les expériences. L'élève peut devenir créateur de contenu.

Cette pédagogie, qui favorise les apprentissages collaboratifs, différenciés et créatifs contraste avec l'enseignement magistral qui ne s'adresse qu'à une minorité d'élèves. Pourtant, certains enseignants continuent d'enseigner de manière traditionnelle et intègrent les TIC dans leurs anciennes pratiques. D'autres se sont tournés vers une utilisation plus innovante des moyens informatiques. Fourgous (2010) a répertorié dans une taxonomie les différentes étapes d'intégration des TIC par les enseignants.

- découverte : utilisation personnelle des outils ;
- adoption : utilisation professionnelle mais la pédagogie reste inchangée ;
- appropriation : pédagogie plus interactive ;
- création : pédagogie innovante, élève acteur, producteur et créateur.

Et c'est seulement dans une dernière étape [que les TIC] induisent l'innovation, une transformation profonde des pratiques pédagogiques et que ces outils peuvent alors manifester toute leur efficacité et leur potentiel comme outils de recherche, de modélisation, de simulation, d'interaction, de création, d'auto-apprentissage, d'apprentissage à distance (Fourgous, 2012).

La majorité des enseignants se situent dans les deux premières étapes. “ Même s'ils considèrent que la pédagogie active, par l'expérience, est l'avenir de l'enseignement, les enseignants ont tendance à utiliser les TICE afin d'être plus efficaces dans leurs pratiques actuelles, traditionnelles, transmissives” (Fourgous, 2012, p. 124).

En conclusion de cette partie, nous retenons la nécessité d'intégrer les TIC dans une nouvelle pédagogie. Malheureusement, la plupart des enseignants peinent à atteindre les stades d'appropriation et de création. A cela s'ajoutent des difficultés liées à la construction de scénarios

pédagogiques et au choix de dispositifs. Ces derniers peuvent être analysés à l'aide du tétraèdre d'intégration des TIC de Lombard (2003).

### 3.1.5 Analyse de scénarios et de dispositifs par le tétraèdre d'intégration

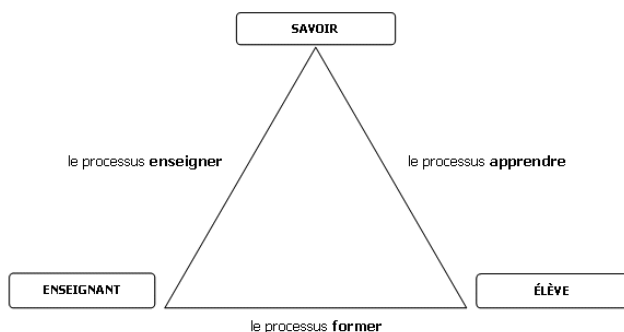


Illustration 3: Le triangle de Houssaye (1988)

Pour comprendre le tétraèdre d'intégration des TIC de Lombard, il convient de revenir brièvement sur le triangle pédagogique de Houssaye (1988). Ce dernier comprend 3 pôles : l'enseignant, l'élève et le savoir. Toute situation pédagogique privilégie les interactions entre deux pôles par l'un des trois axes : enseigner, apprendre ou former. Un des pôles est souvent exclu par rapport aux deux autres. Par exemple, l'axe enseigner privilégie l'enseignant et le savoir, parfois au détriment de l'élève.

Le triangle a été critiqué, notamment pour l'absence de prise en compte d'autres éléments tels que le contexte ou le groupe-classe. Lombard (2003) rajoute un pôle au triangle de Houssaye appelé dispositif cyber-prof (DCP) qui représente les TIC. L'auteur a choisi cette expression pour souligner la présence d'un *autre* pédagogique et didactique. Une nouvelle dimension est rajoutée au triangle et le transforme en un tétraèdre appelé *tétraèdre pédagogique d'intégration des technologies* ou plus simplement *tétraèdre d'intégration*. Il comprend quatre sommets, l'enseignant, l'élève, le savoir et le dispositif cyberprof, ainsi que quatre faces. Chacune des quatre faces est un triangle.

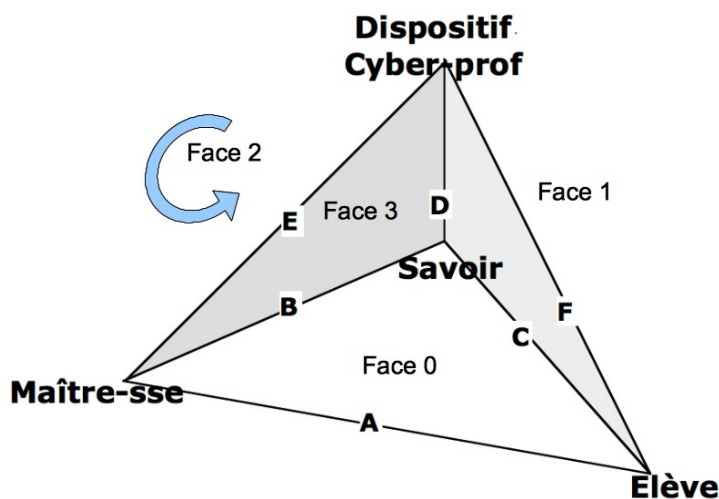


Illustration 4: Le tétraèdre de Lombard (2003)

Dans la plupart des situations concrètes, un des quatre pôles est oublié et le tétraèdre s'affaisse en triangle à deux dimensions. Ce tétraèdre souligne donc la difficulté de l'intégration des TIC. La présentation suivante reprend les concepts de Lombard (2003).



Numéro de la face du tétraèdre sur le dessin	Nom du triangle formé	Pôles du triangle	Pôle absent
Face 0	Le classique de Houssaye	Enseignant – Elève – Savoir	DCP
Face 1	CyberPur	Elève – DCP – savoir	Enseignant
Face 2	Social	Elève – DCP – Enseignant	Savoir
Face 3	Scientifique	Savoir – DCP – Enseignant	Elève

Tableau 2: *Les faces du tétraèdre de Lombard (2003)*

Le premier pôle ignore le DCP et nous retrouvons le triangle de Houssaye. Cette situation revient à un enseignement classique, sans utilisation des TIC.

Dans le triangle CyberPur, l'enseignant est “ relégué dans un rôle d'opérateur informatique : veiller au bon fonctionnement des ordinateurs, dépanner” (Lombard, 2003). Le DCP guide l'élève dans ses actions, l'enseigne et l'évalue. L'enseignant ne trouve pas sa place dans le scénario proposé ; il est remplacé par le DCP. La collaboration entre les deux peut alors s'avérer difficile : ils peuvent être tentés de se relayer ou d'entrer en concurrence. Dans le premier cas, le DCP est “ relégué au rôle d'assistant : répétiteur infatigable, voire baby-sitter (les élèves inoccupés y vont, une fois leurs tâches achevées, ou lorsqu'ils sont en avance). ” Dans le deuxième cas, l'enseignant se sent menacé parce qu'il n'est plus le seul détenteur du savoir. En réaction, il risque de rejeter le DCP ou de devenir lui-même le créateur de contenus informatiques. Dans les deux cas, il y a alors retour au triangle de Houssaye. Selon Lombard (2003), pour que la collaboration fonctionne, le DCP doit être peu intrusif sur le plan de la relation pédagogique. C'est notamment le cas des simulations expérimentales.

Dans le triangle social, “ les savoirs sont ignorés au détriment des aspects relationnels, l'activité suscite un grand enthousiasme et les élèves sont contents, mais ce qui a été appris n'est pas clair ” (Lombard, 2003). Ce cas est plutôt courant quand l'enseignant ne planifie pas clairement la liste des objectifs ou que les références scientifiques sont écartées. Cette situation peut intervenir quand l'enseignant propose une activité dans le seul but d'utiliser les ressources informatiques. Une autre difficulté consiste à rester exclusivement sur une seule arête : *enseignant – élève* ou *DCP – élève*. Dans ce cas, le scénario est prévu et l'élève est condamné à suivre des instructions données par l'enseignant (arête *enseignant – élève*) ou le DCP (arête *DCP – élève*). L'élève ne construit pas ses connaissances mais réagit face aux sollicitations imposées.

Quant au triangle scientifique, l'enseignant produit de beaux documents qui impressionnent et qui montrent son savoir-faire. L'attention est plus portée sur les documents que sur les élèves. L'activité de l'élève n'est pas apparente dans ces scénarios.

## **3.2 Les simulations**

Après cet état des lieux des difficultés d'intégration des TIC de manière générale, nous nous focalisons maintenant sur les simulations.

### **3.2.1 Différences entre animation, logiciel de simulation et de modélisation**

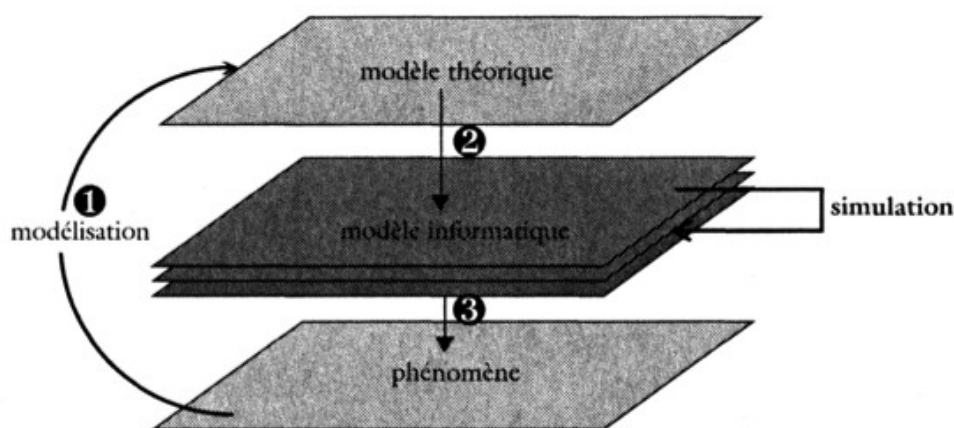
L'utilisation de l'ordinateur en classe peut être très variée : exercices, traitement de texte, grapheur, utilisation de moteurs de recherche, ExAO... Nous orientons notre travail sur les simulations. Il convient tout d'abord de différencier les animations, les logiciels de simulation et les logiciels de modélisation. Selon Sanchez (2008), une animation ne laisse que peu de liberté à l'utilisateur. Par contre, un logiciel de simulation propose des paramètres modifiables qui permettent de changer le comportement du modèle. Tout comme un logiciel, une application peut permettre aussi une simulation. Cependant, elle possède une marge de manœuvre plus petite.

Dans l'animation et la simulation, le modèle est implicite et l'utilisateur n'a pas accès. Un logiciel de modélisation, quant à lui, nécessite la construction d'un modèle qui pourra ensuite être simulé. Un parallèle avec les activités sur les modèles étudiés durant la problématique peut être réalisé. En effet, une animation, un logiciel de simulation et un logiciel de modélisation permettent respectivement la présentation, l'utilisation et l'élaboration de modèles.

A noter cependant que certains auteurs, à l'image de Beaufils & Ramage (2004), différencient les termes simulation et animation d'une autre manière : dans le premier cas, les grandeurs et les lois de la physique interviennent alors que dans le deuxième cas, l'animation se contente de présenter l'apparence d'un phénomène sans recourir aux grandeurs et aux lois de la physique. L'auteur donne l'exemple d'une animation présentant deux aimants qui s'attirent sans pour autant faire intervenir les lois électromécaniques. Cependant, pour la suite de notre travail, nous nous tiendrons essentiellement à la définition de Sanchez (2008). Au vu de la complexité d'utilisation des logiciels de modélisation pour des élèves du CO, notre travail portera exclusivement sur des animations et des simulations, donc sur la présentation et l'utilisation de modèles.

### **3.2.2 La simulation**

La simulation permet de tester dynamiquement un modèle afin de contrôler sa validité. Elle offre la possibilité d'acquérir des connaissances en mettant un modèle en situation.



*Illustration 5: Modélisation et simulation (Beaufils & Richoux, 2003)*

La première étape (1) consiste à construire un modèle par une activité de modélisation. La deuxième étape (2) est sa mise en code informatique. Ainsi, l'utilisateur est confronté à un double artefact : le modèle théorique inventé par les physiciens et le simulateur informatisé réalisé par les informaticiens. (Richoux, Salvétat & Beaufils, 2002, cités par Beaufils & Ramage, 2004). Ainsi, il convient d'explicitier le modèle théorique et la manière dont il a été informatisé, tels que les arrondis, les ajustements aux contraintes d'affichage de l'écran... Dans la troisième étape (3), le modèle informatique est utilisé par la simulation pour produire des résultats qui pourront être analysés. L'utilisateur doit cependant savoir que la *réalité* observée par la simulation n'est en fait que la phénoménologie du modèle qui contient des limites et des erreurs. La réalité est simplifiée.

Le principal intérêt de la simulation est le suivant : “ d'un objet théorique et abstrait, appréhendé par le truchement du papier et du crayon (schématisation, traitement mathématique), on passe alors à un objet observable sur un écran et manipulable. ” (Beaufils, Beney & Ramage, 2003). Malgré cet avantage, il existe quelques limites reprises de l'analyse de Beaufils (2009) et réorganisées : premièrement, si l'utilisation de la simulation est trop complexe, l'apprentissage n'est plus sur les objectifs didactiques prévus par l'enseignant mais est reporté sur le fonctionnement de la simulation. De plus, l'utilisateur risque d'insérer des paramètres sans vraiment s'engager dans l'activité d'un point de vue réflexion, en particulier si la tâche à réaliser est peu claire. Finalement, il peut se construire une représentation incomplète ou erronée du modèle si celui-ci, ou le fonctionnement du programme, est mal précisé. C'est notamment le cas lorsque la simulation fonctionne en dehors de son domaine de validité, quand, par exemple, des valeurs extrêmes sont choisies par l'utilisateur.

### 3.2.3 La simulation dans la démarche scientifique

Les logiciels de simulation et de modélisation permettent à l'élève de réaliser une démarche scientifique. En effet, dans son livre, Lebrun (2007, p. 30) explique la démarche OHERIC en l'illustrant par des logiciels de simulation-modélisation. L'élève doit observer des données obtenues rapidement par la simulation. Il formule ensuite des hypothèses, modifie les paramètres et observe

le comportement du modèle. Il évalue la pertinence de ses hypothèses et en propose de nouvelles si nécessaire. Il peut donc faire de nombreux essais sans risque et vivre pleinement une démarche hypothético-déductive. En réalisant ces différents tests, Hebenstreit (1992) affirme que l'élève va se livrer à une exploration plus complète du phénomène. La simulation rend l'élève actif dans une situation de recherche. La créativité, très encouragée par les nouvelles pédagogies citées précédemment, est ainsi stimulée.

La question qui se pose alors est la suivante : Est-il préférable d'utiliser une simulation ou le laboratoire traditionnel ? Riopel (2005) énumère les avantages de la simulation :

Loiselle (1987, p. 44) et Desautels (1995, p. 72) mentionnent un certain nombre d'avantages des simulations par rapport aux laboratoires traditionnels qui sont regroupés ici en quatre catégories :

1. Sur le plan de la diversité, les simulations permettent de considérer une plus grande plage de valeurs pour les paramètres d'un phénomène à l'étude, ou permettent d'interagir avec des phénomènes habituellement inaccessibles.
2. Sur le plan de l'efficacité, les simulations permettent de simplifier la démarche expérimentale et de restreindre le nombre de variables pouvant influencer le cours de l'expérience, ce qui a pour effet de réduire le temps requis pour une expérience donnée.
3. Sur le plan des attitudes, les simulations augmentent la motivation des élèves, puisqu'elles leur permettent de se comporter comme de vrais scientifiques et de choisir eux-mêmes la démarche expérimentale.
4. Sur le plan de la gestion, les simulations permettent de diminuer les coûts reliés à l'achat et à l'entretien des appareils et nécessitent moins de manipulations des appareils avant chaque expérience (Riopel, 2005, p. 67).

Cependant, la simulation a des limites et l'enseignant doit être attentif aux différents aspects cités par Hebenstreit (1992). Tout d'abord, la simulation ne développe pas les aptitudes et des savoir-faire qui sont travaillés lors d'une expérimentation réelle, tels que la lecture des appareils de mesure, la mesure du temps écoulé, etc. Ensuite, elle ne prend pas en compte toute la complexité du monde réel et conduit à une vision trop simpliste de la réalité tout en donnant une appréciation erronée des difficultés de l'expérimentation réelle. L'auteur conclut que la simulation ne doit pas remplacer l'expérimentation mais être utilisée lors d'activités pédagogiques qui ne permettent pas une expérience (infiniment petit et infiniment grand), qui s'avèrent trop longues, trop onéreuses ou présentant trop de paramètres. Dans notre cas, la modélisation du microscopique est abstraite et ne peut pas être approchée de manière expérimentale.

### **3.2.4 La simulation libre et la simulation guidée**

La question qui se pose alors à l'enseignant est la suivante : faut-il guider les élèves à travers la simulation ou au contraire les laisser libres ? Herzog et Forte (1994, cités par Guéraud, Pernin, Cagnat & Cortés, 1999) énumèrent les avantages d'une simulation à but par rapport à une simulation libre :

- Elle place l'apprenant dans une situation donnée et fixe, éventuellement avec sa participation, l'objectif à atteindre.

- Elle offre un défi (un challenge) à l'apprenant et renforce ainsi sa motivation.
- Elle donne un sens aux actions de l'apprenant, une orientation à son comportement.
- Elle évite à l'apprenant de modifier de façon aléatoire ou incohérente les paramètres de la simulation.
- Elle donne à l'apprenant la possibilité d'examiner certains aspects à côté desquels il serait sans doute passé s'il avait utilisé librement la simulation (Herzog & Forte, 1994, cités par Guéraud *et al.*, 1999).

Herzog et Forte rajoutent qu'une simulation à but permet à l'enseignant de contrôler les activités des élèves, de les aider, de les guider et aussi de les évaluer. Il s'avère donc judicieux de fixer des buts précis aux élèves. Mais nous avons évoqué plus haut l'importance d'adopter une pédagogie constructiviste et le risque de trop guider l'élève relevé par le tétraèdre d'intégration de Lombard (2003). En effet, si nous guidons trop les élèves, ils ne vont plus construire leurs connaissances mais suivre un mode d'emploi dans lequel ils ne trouveront pas forcément de sens.

En conclusion, nous citons Hebenstreit (1992) qui affirme que les simulations n'ont pas de valeur pédagogique intrinsèque même si elles ont une bonne réputation. Elles doivent être utilisées de manière réfléchie et l'enseignant doit planifier judicieusement son cours et utiliser une bonne stratégie pédagogique.

### 3.2.5 Les appliquestes

Grâce à son interactivité et à des technologies de plus en plus performantes, le web 2.0 permet de visualiser de nombreuses applications réalisées en Flash, Java, geogebra ou autres. Ces applications, appelées appliquestes, ou *applets* en anglais, sont directement insérées dans une page HTML. Ainsi, il est possible de les lancer sans télécharger de logiciel. Voici un exemple d'appliquette trouvée sur la toile<sup>4</sup> :

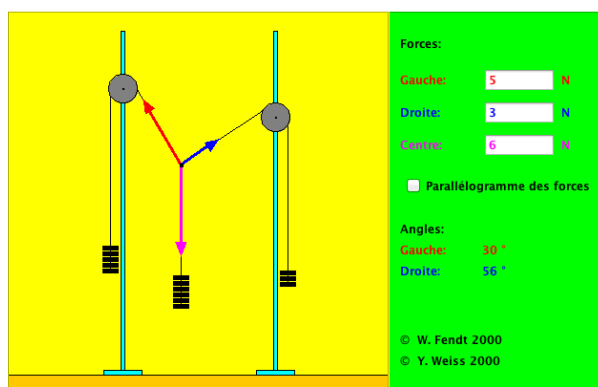


Illustration 6: Exemple d'appliquette

Les appliquestes ne dépendent pas d'un système d'exploitation et ne souffrent donc pas de problèmes de compatibilité, bien qu'elles nécessitent souvent l'installation d'un *plug-in* sur le navigateur. Elles peuvent être fabriquées par des amateurs et sont principalement gratuites, à

<sup>4</sup> L'appliquette est disponible à la page : [http://www.walter-fendt.de/ph14f/equilibrium\\_f.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14f/equilibrium_f.htm) [consulté le 15.02.2013]

l'exception de certains sites spécialisés<sup>5</sup>. Elles sont réversibles : une simple réactualisation de la page suffit à redémarrer l'appliquette. Malheureusement, le temps de chargement est parfois long. Leur nombre sur Internet est très important mais leur qualité parfois discutable. Il n'est pas toujours évident de les utiliser à des fins pédagogiques.

Les appliques offrent, en général, un nombre très limité de manipulations possibles. Certaines n'offrent aucune manipulation et sont cataloguées comme des animations. D'autres applications proposent un nombre limité de paramètres et peuvent être élevées au rang de simulation.

Dans le cadre de notre recherche, nous utiliserons des appliques dans notre séquence de sciences. Pour réaliser un choix parmi la quantité d'appliques disponibles, nous devons rechercher dans la théorie une liste objective de critères.

### 3.3 Les critères de sélection des appliques

#### 3.3.1 Premier critère : Le graphisme ou la typologie RISC

Beaufils, Ramage et Beney (2004), en s'appuyant sur les travaux réalisés par une recherche (Pinto, 2002), présentent une typologie appelée RISC :

R pour Réaliste	Les représentations sont en trois dimensions, les images ont une texture spécifique pour rendre compte des volumes, le déroulement est simulé dans le temps, etc.
I pour Imagée	Les représentations sont des images où l'on reconnaît l'objet de la vie courante ou l'instrument du laboratoire mais sans effet de réalisme.
S pour Schématique	Le mot est ici à prendre dans son sens courant de dessin schématique : les objets et les appareils sont dessinés de façon schématique mais non codifiée.
C pour Codifiée	Les représentations utilisées sont celles du spécialiste : schémas standardisés, courbes, tableaux de valeurs, symboles physico-mathématiques.

Tableau 3: La typologie RISC

Beaufils *et al.* (2004) citent Dusseau, Lerouge et Malafoss (2001) pour séparer trois cadres de rationalité et les associer à une représentation de la typologie RISC : le cadre de rationalité familier/culturel, favorisé par les représentations réalistes, le cadre d'une physique expérimentale, favorisé par des représentations imagées ou schématiques de dispositifs expérimentaux avec des représentations graphiques ou numériques, et finalement la physique théorique, favorisée par des représentations fortement codifiées incluant des schémas standardisés, des courbes, des expressions formelles, etc. Les auteurs affirment cependant que “ dans le cas des représentations codifiées, le nombre et la nature des registres sémiotiques utilisés dans une applique sont donc des paramètres particulièrement importants”. En effet, utiliser trop de symboles ou passer d'un registre à l'autre peut

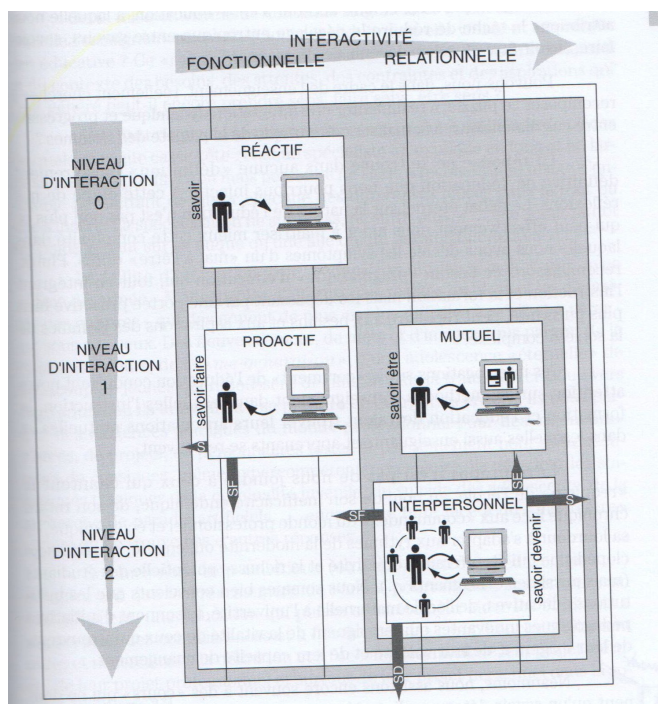
<sup>5</sup> Comme exemple de sites payants, nous pouvons citer, par exemple, edumedia-sciences : <http://www.edumedia-sciences.com/fr/> [consulté le 15.02.2013]

apporter des difficultés de lecture et de compréhension. Les auteurs nous demandent d'éviter les logiciels qui multiplient les valeurs numériques et les schémas complexes.

Beaufils *et al.* (2004) insistent sur le fait qu'une représentation trop réaliste peut amener l'élève à prendre en compte des attributs graphiques qui ne servent pas le modèle ou à raisonner dans des représentations mentales familières. Beaucoup d'appliquettes mélangent les types de représentations, comme c'est souvent le cas dans les manuels scolaires, ce qui entraîne des erreurs de lecture ou de compréhension chez les élèves (Beaufils *et al.*, 2004). Les auteurs expliquent que les outils informatiques favorisent "l'apparition de représentations figuratives, voire réalistes, au milieu de simulations fondamentalement théoriques et, ce, combinées avec des représentations fortement codifiées". Le but de ces appliquettes est de donner du sens en habillant le modèle par un environnement plus familier à l'élève. Les risques importants sont alors la possibilité que l'élève prenne en compte des aspects graphiques qui n'interviennent pas dans le modèle ou de l'amener à raisonner dans le registre des représentations familières dénuées de sens physique.

### 3.3.2 Deuxième critère : l'interactivité et l'interaction

Lebrun (2007) analyse les activités sur les TIC à l'aide de deux axes : l'interactivité et l'interaction.



*Illustration 7: L'interaction et l'interactivité  
(Lebrun, 2007, p. 83)*

L'interactivité est dite fonctionnelle si elle concerne la manière dont la machine sollicite l'apprenant. Elle est relationnelle quand une véritable interaction simulée par l'ordinateur ou avec d'autres utilisateurs se produit.

Le degré d'interaction, quant à lui, est composé de trois niveaux : réactif, proactif et interactif. Dans le mode réactif, l'accent est mis sur le savoir. L'élève réagit aux sollicitations du logiciel. Ce sont

surtout les premiers niveaux taxonomiques (connaître, comprendre et appliquer) qui sont travaillés (Lebrun, 2007, p. 121). Les outils peuvent être des exercices, des vidéos, des sites Web, etc.

Dans le mode proactif, l'accent est mis sur le savoir-faire. L'élève a l'initiative, il questionne l'ordinateur et celui-ci réagit en conséquence. Un programme de simulation est proactif car l'ordinateur fournit une réponse en fonction des paramètres imposés par l'utilisateur (Lebrun, 2007, p. 121). Ainsi, les réponses ne sont pas justes ou fausses mais correspondent à une demande de l'utilisateur.

L'interactif se trouve entre les deux premiers modes. L'élève et l'ordinateur interagissent en se partageant l'initiative à tour de rôle, confrontant l'élève à des partenaires virtuels (mutuels) ou réels (interpersonnels). “ C'est ainsi que les savoirs mis en exercice dans le premier mode réactif, que les savoir-faire exercés dans le mode proactif se complètent par les savoir-être (attitudes et comportements) et les savoir-devenir (développement de projets) ” (Lebrun, 2007). Une autre possibilité est de faire interagir l'élève avec ses camarades autour des réponses de l'ordinateur.

Après avoir défini les termes importants, Lebrun (2007) cite quelques critères de qualité des logiciels en mode proactif. Nous retenons deux éléments essentiels : le rôle des menus et des boutons pour rendre l'interface compréhensible ainsi que l'importance d'un feedback qui se manifeste par une “ représentation dynamique et visuelle du résultat ” (p. 125).

En conclusion, nous soulignons les deux aspects importants dans une simulation : son interaction et son interactivité fonctionnelle. Cette dernière n'est pas définie en détail par Lebrun (2007) et renvoie à une définition plus large qui nécessite d'être étudiée : l'ergonomie logicielle.




### 3.3.3 Troisième critère : l'ergonomie logicielle et l'utilisabilité

Selon la définition du *Petit Robert*, l'ergonomie représente une “ étude scientifique des conditions (psychophysiologiques et socioéconomiques) de travail et des relations entre l'homme et la machine ” (Robert, Rey-Debove & Rey, 1993, p. 905). L'ergonomie informatique, et plus particulièrement l'ergonomie logicielle, comprend plusieurs critères (Dillon & Morris, 1996, cités par Bétrancourt, 2007) : l'utilité, l'acceptabilité et l'utilisabilité. Les définitions suivantes sont inspirées de Bétrancourt (2007).

L'utilité détermine s'il y a adéquation entre ce que permet le système et l'objectif de la tâche. De plus, elle définit si le nouvel outil constitue une plus-value par rapport à ce qu'il y avait auparavant. L'acceptabilité représente “ la relation entre l'individu, le système et son environnement au sens large ” (Bétrancourt, 2007), par exemple le coût, la compatibilité, les contraintes, la fiabilité.

L'utilisabilité, quant à elle, porte sur la qualité de la relation entre l'individu et le système, c'est-à-dire l'étude de l'interface graphique et de ses composants qui permettent à l'utilisateur d'interagir.

Pour bien comprendre l'utilisabilité, il convient tout d'abord de connaître les composants d'interface graphique principaux que l'on retrouve dans les simulations :

- les boutons poussoirs représentent des textes ou des images cliquables ; 
- les cases à cocher et les listes permettent à l'utilisateur de sélectionner ou non un paramètre seul ou à l'intérieur d'un groupe respectivement ; 
- les zones de texte nécessitent l'utilisation du clavier pour entrer un paramètre. 



Dans une interface graphique, la méthode du *glisser-déposer*, ou *drag'n drop*, consiste à cliquer sur un élément afin de le déplacer. Elle est utilisée par les *sliders* qui permettent de modifier un paramètre en déplaçant un curseur sur un axe horizontal ou vertical.



Une bonne utilisabilité peut être présentée ainsi :

Un dispositif utilisable s'apprend rapidement, il permet de réaliser les tâches prévues avec un nombre d'erreurs limité qui sont facilement corrigées (efficacité), dans un temps raisonnable (efficacité), et enfin donne à l'utilisateur un sentiment de satisfaction générale (Shneiderman, 1992). (Bétrancourt, 2007)

L'utilisateur ne fait ainsi que peu d'erreurs de manipulation, la prise en main est rapide, intuitive et agréable, sans perte de temps. Ainsi, une bonne interaction homme-machine permet à l'utilisateur de se concentrer sur les objectifs d'apprentissage.

Bastien et Scapin (1993) ont répertorié une liste de critères de qualité de l'interface. Nous retenons seulement ceux qui auront une influence pour notre travail :

- Le regroupement ou la distinction du format des items, ainsi que leur organisation spatiale, en fonction de leur appartenance ou non à une même classe.
- Le feedback immédiat qui nécessite une réaction de l'ordinateur le plus rapidement possible et de qualité suffisante.
- La lisibilité des informations par un bon contraste, un bon espacement, etc.
- La brièveté en limitant autant que possible le travail de lecture et en permettant à l'utilisateur des entrées de données courtes.
- La flexibilité : le nombre de façons différentes que l'utilisateur a à disposition pour réaliser une tâche.
- La gestion des erreurs concerne les moyens qui vont permettre d'éviter et de réduire les erreurs, notamment des saisies de données incorrectes.
- La compatibilité avec les caractéristiques des utilisateurs.

### 3.4 Carte conceptuelle

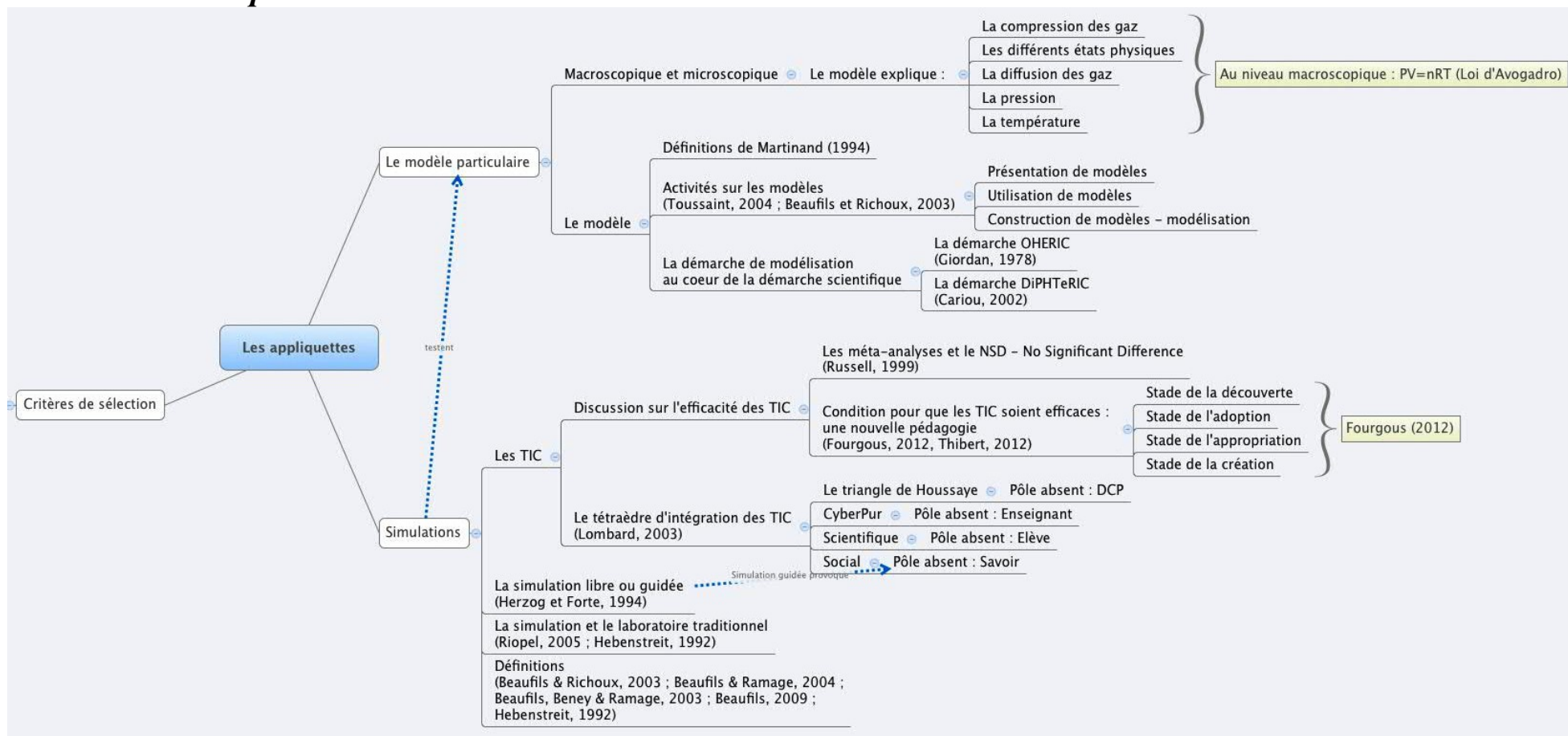


Illustration 8: Carte conceptuelle : partie de droite

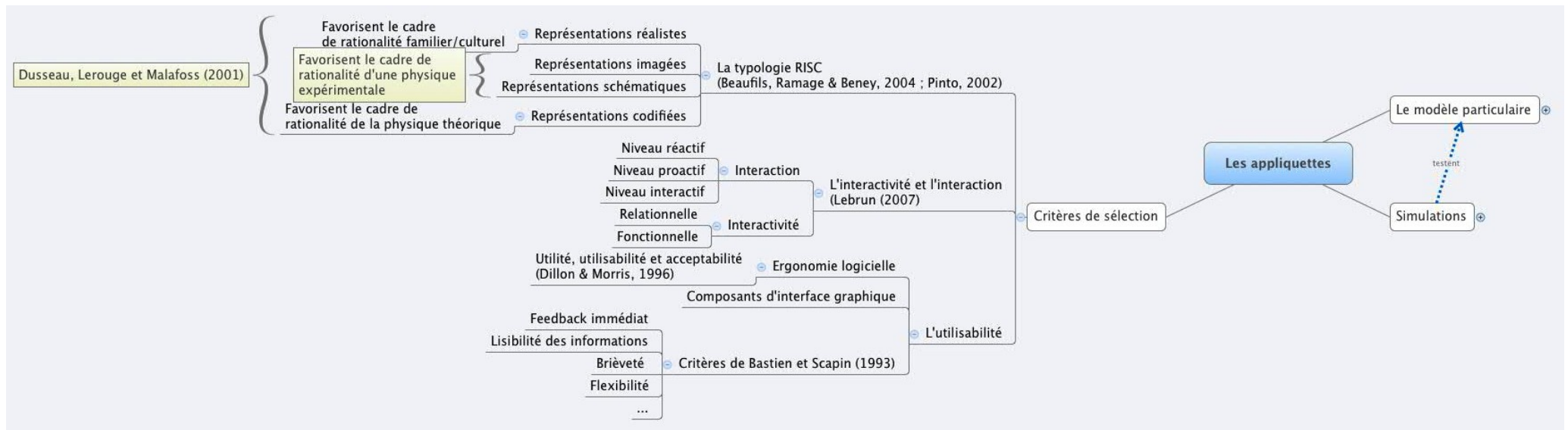


Illustration 9: Carte conceptuelle : partie de gauche

## 4. Définition de l'objet du mémoire

### 4.1 Vers les appliquestes

Lors de notre phase initiale de recherche, notre choix s'est tout d'abord porté sur des logiciels payants à commander chez un fournisseur, car, selon notre représentation, le prix était proportionnel à la qualité. Nous avons choisi TP Phys Pro<sup>TM</sup> et TP Chim Pro<sup>TM</sup><sup>6</sup>. En testant le logiciel, nous nous sommes ensuite aperçus qu'il n'utilise pas vraiment de modèles et propose un laboratoire virtuel qui conduit l'élève à chaque étape en ne lui laissant qu'une marge de manœuvre très réduite.



Illustration 10: Logiciel TP-Chim Pro

L'élève n'a pas vraiment de marge de manœuvre, il doit suivre une à une les étapes explicitées par le logiciel, sans aucune créativité. Le logiciel décrit les actions à effectuer puis fournit une explication au phénomène observé. C'est le niveau 0 de l'interaction de Lebrun (2007). L'élève n'agit pas, mais il réagit.

Le logiciel est prévu pour que l'élève puisse travailler seul. Le tétraèdre d'intégration de Lombard est réduit à un triangle de Houssaye où l'ordinateur a remplacé l'enseignant. Celui-ci n'y trouve pas sa place. Ce logiciel nous semble surtout utile comme aide supplémentaire aux élèves en difficultés en leur proposant de refaire les expériences réalisées en classe à l'aide d'une simulation.

Selon notre interprétation personnelle, les logiciels payants semblent souvent avoir été fabriqués par des commerçants et leur intérêt pédagogique paraît de ce fait plus faible que dans les applications, même gratuites, conçues par et pour les enseignants.

De plus, notre travail se concentrera sur l'utilisation d'appliquestes, au vu de leurs nombreux

<sup>6</sup> Le logiciel est disponible à l'adresse : [http://www.pierron.fr/pi/produkt\\_detail.a4d?ong=chimie&uth=31145&offrID=190274](http://www.pierron.fr/pi/produkt_detail.a4d?ong=chimie&uth=31145&offrID=190274). [Consulté le 27 avril 2013]

avantages cités dans le cadre conceptuel, notamment l'absence d'installation et l'indépendance vis-à-vis du système d'exploitation, ce qui permet aux élèves de travailler en classe tout en ayant la possibilité de revoir la matière chez eux pour approfondir leurs connaissances. Ces petites applications ne proposent que très peu de paramètres et paraissent simples à utiliser pour des élèves du niveau du CO. Pour faciliter l'utilisation par les élèves et ne pas trop les décourager, nous avons décidé de ne proposer que des appliquestes en français, abandonnant ainsi les nombreuses applications en anglais disponibles sur Internet.

Toutes les appliquestes présentent un modèle choisi par le concepteur. L'élève se contente d'observer le modèle ou de l'utiliser en manipulant des paramètres. Ainsi, nous ne proposons pas à l'élève un travail de modélisation à l'aide des TIC, car une activité de ce type nécessiterait l'utilisation d'un logiciel complexe, voire la maîtrise de certaines notions en programmation.

## 4.2 Questions de recherche

Tout d'abord, nous nous sommes posé les questions de recherche suivantes :

### Question 1

Quels critères permettent de sélectionner des appliquestes pour des élèves de 2CO dans une perspective de compréhension et d'utilisation du modèle moléculaire ?

*Remarque : L'importance des critères d'utilité et d'acceptabilité (voir le cadre conceptuel) est évidente. Ils ont été pris en compte pour réaliser un inventaire pertinent d'appliquestes. Notre question de recherche porte sur la comparaison d'appliquestes qui répondent déjà à ces deux critères.*

### Question 2

Dans quelle mesure les appliquestes choisies jouent-elles un rôle dans l'exploration et l'utilisation du modèle moléculaire, ainsi que dans l'acquisition des connaissances ?

*Remarque : Etant donné que nous effectuerons une recherche-action, nous ne porterons aucun jugement sur l'apport des TIC par rapport au papier-crayon, car cela nécessiterait un échantillon d'élèves plus important afin de réaliser une expérimentation avec un groupe test et un groupe témoin.*

## 4.3 Hypothèses

Suite à nos questions de recherche, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

### Hypothèse 1

Les critères à retenir pour sélectionner les appliquestes sont le graphisme (typologie RISC) et les interactions.

### Hypothèse 2

Les appliquestes aident l'élève à s'appropriier le modèle moléculaire et à l'utiliser afin de décrire des phénomènes macroscopiques observés. Après avoir travaillé sur une appliqueste, les élèves ont compris le fonctionnement du modèle et parviennent à réaliser une reprise amplifiante.

Pour tenter de vérifier ou de réfuter ces hypothèses, nous avons décidé d'entreprendre une recherche-action en préparant une séquence, en la réalisant et en l'évaluant.

## 5. Le dispositif méthodologique

Tout d'abord, nous allons rechercher des appliquestes en ligne afin d'obtenir un échantillon représentatif. Nous utiliserons ensuite les critères retenus dans notre *hypothèse 1* pour sélectionner les appliquestes qui seront proposées aux élèves. Lors de la passation de la séquence, la méthodologie de la recherche-action conduira au recueil de données. L'analyse et l'interprétation de ce dernier nous permettra d'apprécier le rôle des appliquestes et l'apprentissage réalisé par les élèves afin de confirmer ou d'infirmer l'*hypothèse 2*. Finalement, nous reviendrons sur les critères de sélection des appliquestes afin de les compléter, si nécessaire, de manière *a posteriori* et faire un bilan de l'*hypothèse 1*.

A présent, il convient de définir la méthode centrale de notre travail : la recherche-action.

### 5.1 La recherche-action

Plusieurs auteurs ont tenté de définir la recherche-action. Nous retiendrons la définition suivante : c'est un “ système d'activités humaines qui vise à faire émerger un processus collaboratif [entre le chercheur et le public cible] dans le but de produire un changement dans le monde réel ” (Dolbec, 2003, p.527, cité par Pelt & Poncelet, 2011). Pelt et Poncelet affirment

qu'en [se] basant sur le descriptif des enjeux de la recherche appliquée en pédagogie (Van der Maren, 2003), [ils peuvent] ajouter qu'une [recherche-action] réunit ces caractéristiques :

- pragmatique (pp. 25-26), elle vise la résolution de problèmes de dysfonctionnement.
- ontogénique (pp. 28-29), elle permet à ses protagonistes un développement personnel et un perfectionnement grâce à une réflexion sur l'action;
- politique (p. 26), elle a pour but le changement des pratiques individuelles et institutionnelles.
- nomothétique (pp. 23-24) elle ambitionne une production de savoir par un travail de méta-recherche (Pelt & Poncelet, 2011, p.503).

Ainsi, pour ces deux auteurs, la recherche-action a une triple finalité d'action, de formation et de recherche. Ce lien entre théorie et pratique nous semble primordial pour évaluer et réguler notre enseignement et correspond aux objectifs initiaux de notre travail. Finalement, la recherche-action place l'enseignant au cœur du processus par son rôle d'acteur et de chercheur. Il est entièrement engagé dans la recherche par ses observations, ses réflexions et ses actions (Pelt & Poncelet, 2011, p. 505). Les élèves, quant à eux, jouent aussi un rôle capital dans la démarche. Ainsi, la recherche-action est collaborative et co-construite.

### 5.2 Echantillon choisi et supports

Nous avons choisi une classe de 2CO de niveau II à Sion. Le cours est donné trois fois par semaine, 45 minutes le jeudi après-midi et 1h30 le vendredi matin durant trois semaines. Le groupe-classe est composé de 20 élèves, dont deux allophones et deux élèves au comportement difficile. La classe est, de manière générale, d'un niveau relativement faible et plusieurs élèves ont des difficultés de compréhension relativement importantes. Ils ont déjà travaillé plusieurs fois sur une partie de la démarche DiPhTERIC, mais ont réalisé une seule fois, l'année passée, une démarche scientifique

complète.

La salle de classe ne comportant qu'un ordinateur, les séances nécessitant la manipulation d'appliquettes par les élèves sont réalisées en salle d'informatique. Cette salle est composée de deux demi-classes reliées par une porte. Ainsi, il n'est pas facile pour l'enseignant d'observer tous les élèves en même temps. Les ordinateurs sont équipés du système d'exploitation *Windows<sup>TM</sup>*. La mise en réseau permet de mettre des dossiers à disposition de tous les élèves.

### ***5.3 Situation du chapitre dans le cursus scolaire***

Durant l'école primaire et la 1<sup>CO</sup>, les élèves étudient principalement la biologie. La seule partie de physique qui est approchée consiste à comparer des unités de grandeur. Par rapport à la démarche scientifique, les élèves ont réalisé quelques démarches et possèdent une connaissance intuitive des différentes étapes de la démarche<sup>7</sup>.

En deuxième année, les premiers chapitres sont consacrés à la biologie. Les élèves découvrent la matière. Comme prérequis, ils savent utiliser les appareils de mesure traditionnels, sauf le thermomètre et arrivent relativement bien à différencier la masse et le volume. Lors de la séquence analysée, ils vont découvrir la compressibilité des gaz, les différents états physiques, la diffusion d'un gaz, la pression, la température, la conduction thermique, voire, en fonction du temps, la dilatation. Ces propriétés sont étudiées de manière macroscopique, essentiellement par l'expérimentation, puis sont expliquées par le modèle moléculaire.

Après la séquence analysée, les élèves découvriront les changements d'états. Le modèle précédemment acquis permettra de donner une explication au phénomène. L'analyse de la variation de volume lors de la solidification de l'eau et de l'huile sera alors l'occasion de discuter des limites de la validité du modèle. Cette partie s'avère nécessaire mais ne figure pas dans notre expérimentation car aucune appliquette ne sera utilisée.

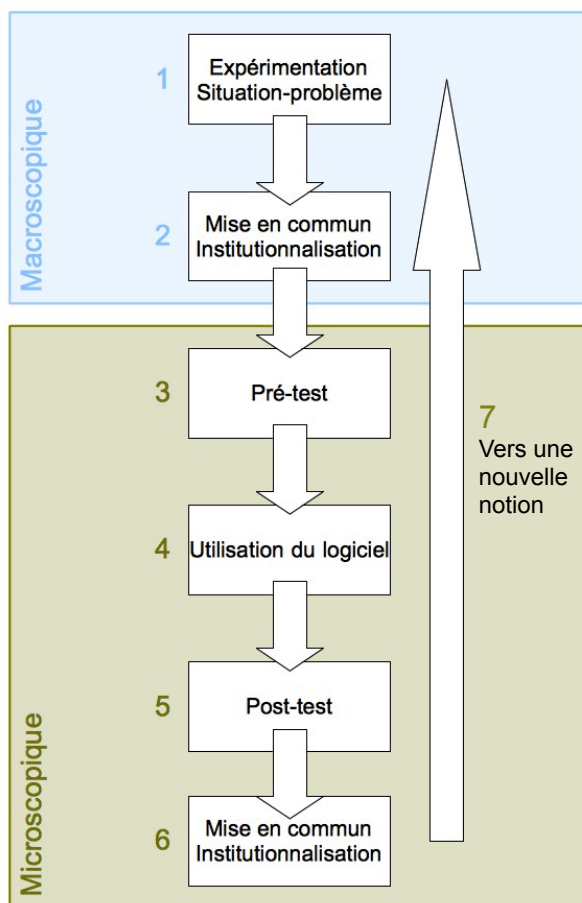
La dernière partie de la séquence sur la matière traitera de la différence entre les transformations physiques et les transformations chimiques. Les élèves pourront alors apercevoir les limites du modèle car il faut *casser* les molécules. Ils doivent alors se familiariser avec un nouveau modèle.

### ***5.4 Planification générale de l'expérimentation***

La séquence a débuté le 08.11.2012 et s'est terminée le 29.11.2012. Nous avons relevé dans la problématique que les élèves avaient tendance à confondre le macroscopique et le microscopique. Ainsi, il nous semblait important de séparer clairement ces deux parties dans notre séquence. L'étude de chaque notion sera réalisée en deux étapes : tout d'abord, une expérience ou une situation-problème suivie d'une institutionnalisation permettra d'approcher la notion d'un point de vue macroscopique. Dans un deuxième temps, les élèves utiliseront le modèle microscopique pour formuler une explication. C'est dans cette partie que les appliquettes, qui constituent l'intérêt de notre recherche, seront utilisées. Chaque appliquette sera précédée d'un pré-test et suivie d'un post-test. Le premier permettra aux élèves d'exprimer leurs conceptions initiales ; le deuxième, quant à lui, permettra d'évaluer l'évolution des représentations des élèves et leur capacité à élargir leur champ de référence pour analyser de nouvelles situations. Après ce travail réalisé avec l'ordinateur,

<sup>7</sup> Voici un exemple d'animation proposée aux élèves de 1<sup>CO</sup> :  
<http://www.cea.fr/var/cea/storage/static/fr/jeunes/animation/LaDemarche/anim.html> [consulté le 13.02.2013]

une mise en commun et une institutionnalisation seront effectuées par l'enseignant. Une nouvelle notion pourra alors être introduite en suivant la même démarche. Voici un résumé des différentes étapes :



*Illustration 11: Les différentes étapes pour aborder une propriété de la matière*

Les premières notions étudiées sont la compressibilité et les états de la matière. A ce stade, l'objectif est de comprendre le modèle à l'aide d'appliquettes. Dans un deuxième temps, la diffusion d'un gaz, la pression et la température seront analysées. Le travail portera alors sur la manipulation de paramètres permettant d'agir sur le modèle afin d'élargir progressivement son domaine de validité. Les dernières notions abordées, la dilatation et la conduction thermique, ne nécessiteront pas de recours à une appliquette.



## 6. Le choix du logiciel

### 6.1 Recueil de données : la classification des appliquestes

Nous avons tout d'abord élaboré une liste de 24 appliquestes disponibles en annexe et réparties en deux thèmes : 10 appliquestes sur les états de la matière et 14 sur la compression, la diffusion, la température et la pression. Nous avons renommé chaque appliqueste ainsi : *numero\_theme.numero\_appliqueste*. Chacune est détaillée en annexe et représentée par une image, une description, une analyse et un lien Internet. Pour la suite de notre rapport, seul le numéro de l'appliqueste sera mentionné.

#### 6.1.1 Le graphisme

Le graphisme sera évalué à partir de la typologie RISC de Beaufrils (2004).

0	1	2	3
Représentations codifiées	Représentations schématiques	Représentations imagées	Représentations réalistes

Tableau 4: Echelle selon la typologie RISC

Il faut cependant préciser que toutes les appliquestes contiennent des représentations codifiées pour représenter des particules. Le choix de la catégorie dépend des autres éléments graphiques. Par exemple, une seringue bien dessinée avec une impression de 3D est considérée comme une représentation réaliste, alors qu'un simple rectangle pour délimiter l'espace à disposition fait partie des représentations codifiées.

Dans un deuxième temps, nous analyserons les formes et les couleurs des molécules dans chacune des appliquestes.

#### 6.1.2 Les interactions

Pour ce deuxième critère, les niveaux d'interaction de Lebrun ont été pris en compte. Comme nos appliquestes se situent entre le niveau 0 et le niveau 1, nous avons construit notre propre échelle :

0	1	2	3	4	>4
Aucune interaction (l'élève est observateur)	Une seule interaction	Deux interactions	Trois interactions	Quatre interactions	Plus de quatre interactions

Tableau 5: Echelle selon le nombre d'interactions

Les interactions semblables, telles que démarrer et arrêter l'application, ou avancer et reculer le piston, ne comptent que pour un.

Cette grille n'indique que la quantité d'interactions. Or, n'évaluer que ce critère quantitatif ne s'avère pas pertinent, puisque leur qualité peut être très différente. En effet, appuyer sur le bouton qui met en pause ne demande pas la même implication que pouvoir agir directement sur l'environnement en modifiant un paramètre tel que la température. Nous classerons les interactions en deux catégories : celles qui permettent de modifier des paramètres en vue d'agir directement sur l'environnement simulé et rendent ainsi l'appliquette proactive (utilisation de modèles) et celles qui concernent les options d'affichage et de temps que nous classerons dans le mode réactif (présentation de modèles).

## 6.2 Analyses des appliquettes

### 6.2.1 Le graphisme

Voici le tableau de synthèse de notre analyse selon la typologie RISC.

	0 Représentations codifiées	1 Représentations schématisques	2 Représentations imagées	3 Représentations réalistes
Etats de la matière	3 (+ 2) <sup>8</sup>	2	1	4
Compression, température et pression	7	2	2	3
Total (/24)	10 (+2)	4	3	7

Tableau 6: Nombre d'appliquettes en fonction du type de représentations

Voici deux exemples :

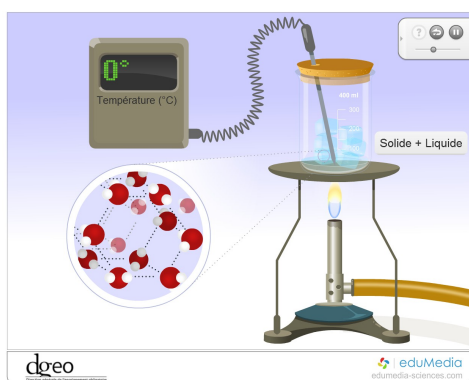


Illustration 12: Représentation essentiellement réaliste

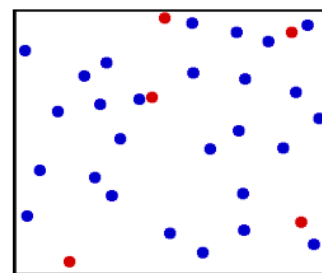


Illustration 13:  
Représentation codifiée

<sup>8</sup> Certaines appliquettes (1.9, 1.10, 3.5, 3.6) représentent un niveau macroscopique très réaliste avec, en dehors de l'image, un niveau microscopique fortement codifié. C'est pourquoi elles figurent dans la quatrième colonne mais ont été rajoutées entre parenthèse à la première colonne.

Comme Beaufls (2004) l'a précisé dans son analyse de la typologie RISC, certaines appliquestes sont difficilement classables. Si certains choix peuvent être discutables, en particulier les appliquestes 1.3 et 2.9, notre recueil de données ci-dessus reste cependant fiable.

Ce tableau montre que, premièrement, les représentations codifiées sont les plus nombreuses, suivies par les représentations réalistes.

#### Représentations imagées et réalistes

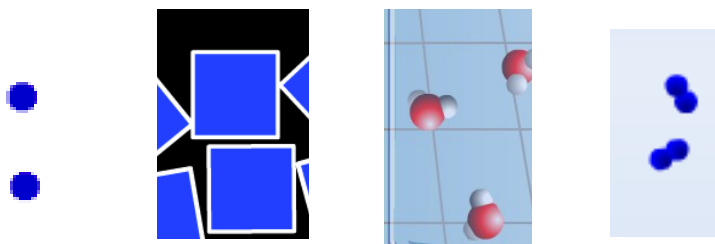
Les appliquestes réalistes et imagées présentent assez fidèlement un phénomène macroscopique et intègrent à l'intérieur le microscopique fortement codifié (2.3, 2.4, etc.). Une appliqueste possédant une représentation réaliste ou imagée présente une situation concrète et l'élève y trouve du sens car l'environnement, une seringue par exemple, lui est familier. Cependant, le mélange entre le microscopique fortement codifié intégré à une représentation imagée voire très réaliste risque d'amener l'élève à se construire de fausses représentations. Effectivement, les proportions entre le macroscopique et le microscopique ne sont pas respectées et incitent l'élève à se représenter les molécules de manière beaucoup plus grandes qu'elles ne le sont en réalité. Pour éviter ce problème, l'appliqueste 1.10 propose l'utilisation d'un microscope optique pour passer du macroscopique aux particules. Si l'élève se fait une meilleure idée de la taille d'une molécule, sa représentation des grandeurs physiques est faussée car un microscope optique ne permet pas de voir des molécules d'eau mesurant quelques nanomètres. Dans des situations plus heureuses, un effet de zoom met en relation le macroscopique avec le microscopique tout en plaçant ces deux niveaux dans un espace différent (1.7, 1.8, 1.9).

#### Représentations codifiées

Les appliquestes avec des représentations uniquement codifiées représentent, quant à elles, la moitié (7/14) des appliquestes relatives aux notions de compression, de température et de pression. Elles permettent de travailler avec le modèle tel qu'il est proposé par les scientifiques et d'avoir un regard plus général sur la situation car elles se détachent de tout contexte. La plupart des représentations codifiées représentent l'espace à disposition comme un rectangle en deux dimensions. Pour les notions de pression, une droite verticale représentant une paroi mobile est rajoutée, certaines fois sous la forme d'une lettre T verticale ou horizontale pour représenter un piston.

#### Les particules

Dans toutes les appliquestes figurent des représentations codifiées des particules. Ces dernières ne sont malheureusement pas représentées de la même manière. Dans 16 appliquestes étudiées (2/3), une molécule est représentée comme une particule insécable et entière, sous forme d'un carré, d'une sphère avec une illusion de 3D, d'un gros ou d'un très petit disque. Le dernier tiers des appliquestes représente des molécules comme un assemblage d'atomes. Parmi celles-ci, nous observons des molécules d'eau formées de trois atomes (4 appliquestes) ou des molécules de dioxygène formées de deux atomes (4 appliquestes).



*Illustration 14: Différentes représentations des molécules selon les appliquestes*

Le passage d'une représentation à l'autre peut s'avérer difficile pour l'élève selon notre problématique.

Finalement, il s'avère instructif de comparer les couleurs utilisées. Pour cela, il convient de différencier les corps purs et les mélanges.

	Corps purs Les molécules sont toutes de la même couleur	Mélange Les molécules sont de couleurs différentes
Couleur d'une molécule	Rouge (1.4, 2.3, 2.7, 2.10, 2.12)	Bleu et rouge (1.1, 2.1, 2.4, 2.6)
	Mélange de rouge et de blanc (1.6, 1.7, 1.9, 1.10)	Vert et bleu (liquide) (1.2) Orange et bleu (solide et gaz)
	Bleu (2.2)	Vert (solide) (1.3) Bleu (liquide) Rouge (gaz)
	Jaune (2.8, 2.11)	Rouge et vert (solide) (1.5) Bleu (liquide) Gris (gaz)
	Gris (2.9)	Jaune et vert (2.5)
		Rouge avec 1 jaune et 1 bleue (2.13)
		Rouge, vert, bleu, jaune (2.14)

*Tableau 7: Couleur d'une molécule*

L'analyse de ce tableau nous indique que le rouge et le bleu, respectivement dans 17 et 10 appliquettes, sont les couleurs les plus utilisées. Nous pouvons aussi apercevoir la grande palette de 7 couleurs différentes. La plupart des appliquettes respectent les couleurs officielles, à savoir le rouge pour l'oxygène, le bleu pour l'azote, le gris pour le fer, etc. Cependant, le passage d'une appliquette à l'autre, si les couleurs changent, peut être source de difficultés. Présenter dans une même appliquette des molécules de couleurs différentes rend l'appliquette plus complexe puisque la notion de mélange vient se rajouter.

Certaines couleurs ont été pensées judicieusement, comme le bleu et le rouge représentés dans les bonnes proportions pour les molécules d'azote et de dioxygène dans l'air. D'autres semblent avoir été choisies de manière totalement arbitraire et changent en fonction de l'état physique (1.2, 1.3, 1.5). La conséquence peut être importante : l'élève risque de penser que les molécules changent en fonction de l'état.

En conclusion de cette partie, nous trouvons judicieux que les élèves puissent, dans un premier temps, travailler avec des appliquettes aux représentations réalistes afin qu'ils y trouvent du sens. Dans un deuxième temps, ils utilisent des appliquettes dont les représentations sont fortement codifiées afin de se détacher du contexte, d'utiliser un cadre de rationalité de la physique théorique, et, finalement, d'éviter de fausses représentations quant aux dimensions des particules.

A présent, il convient de comparer les différentes interactions que proposent les appliquettes.

## 6.2.2 Les interactions

Dans le tableau suivant figure le nombre d'appliquettes en fonction de la quantité d'interactions. Nous avons effectué la même démarche en ne gardant que les interactions permettant de modifier des paramètres qui vont agir sur l'environnement simulé en enlevant les options d'affichage et de temps. Ce nouveau résultat figure entre parenthèse.

Nombre d'interactions	0	1	2	3	4	>4
Etats de la matière	3 (9)	5 (0)	1 (0)			1 (1)
Compression, température et pression	0 (1)	2 (5)	3 (0)	5 (6)	2 (1)	2 (1)
Total	3 (10)	7 (5)	4 (0)	5 (6)	2 (1)	3 (2)

*Tableau 8: Nombre d'appliquettes en fonction de la quantité d'interactions*

### Les états de la matière

A la lecture de ce tableau, trois observations s'imposent. Premièrement, les interactions proposées par les appliquettes sur les états de la matière ne contiennent que des options d'affichage et de temps à l'exception du 1.10 qui sera analysé plus loin. Ce genre d'appliquettes est très adapté pour un enseignement magistral. L'enseignant peut les démarrer et les mettre en pause en fonction de ses commentaires. Il peut également cacher les molécules dans un premier temps, afin de laisser les élèves exprimer leurs représentations puis de les afficher. Cependant, les élèves n'ont pas de paramètre à manipuler afin de tester leurs hypothèses, et, ainsi, effectuer une démarche scientifique complète. Ils observent le modèle, l'interprètent et prévoient ensuite son comportement dans de nouvelles situations.

Revenons maintenant à l'appliquette 1.10. Sur ce tableau, elle se différencie des autres par le nombre d'interactions qu'elle propose. Avant de tirer des conclusions trop hâtives, il s'agit de mettre des pincettes. L'utilisateur peut enclencher le microscope et sélectionner un des trois instruments proposés. Il est ensuite guidé par des petites flèches qui lui indiquent les actions à effectuer afin de récolter de l'eau dans un des trois états physiques et l'amener au microscope. L'utilisateur est ainsi complètement guidé et se contente de réagir. De plus, l'élève ne manipule pas le modèle mais une expérience scientifique simulée dans le monde macroscopique.

### La compression, la température et la pression

Cette partie concerne les appliquettes portant sur les effets de la variation de la compression, la température et la pression. C'est dans cette partie que les appliquettes sont les plus interactives et possèdent le plus grand nombre d'interactions. Si nous ne gardons que les nombres entre parenthèses, nous pouvons apercevoir deux catégories : cinq appliquettes ont un paramètre modifiable et six en ont trois. Dans la première catégorie, la plupart des appliquettes présentent une seringue dont l'utilisateur peut déplacer le piston. Par ces animations, l'utilisateur peut observer le rapprochement des particules lors d'une compression d'un gaz. La deuxième catégorie comprend des

appliquettes permettant de vérifier la loi des gaz parfaits. Dans la plupart des appliquettes (2.7, 2.9, 2.10, 2.12, 2.13), le nombre de particules, la température et le volume peuvent être modifiés afin de constater la variation de pression. Dans un cas (2.11), le volume est remplacé par l'épaisseur de la paroi. Les appliquettes les plus complètes permettent encore de modifier la masse des particules (2.8, 2.14). L'élève, en manipulant ces applications, peut tester ses hypothèses afin de les confirmer ou les infirmer, le rendant actif dans sa démarche scientifique.

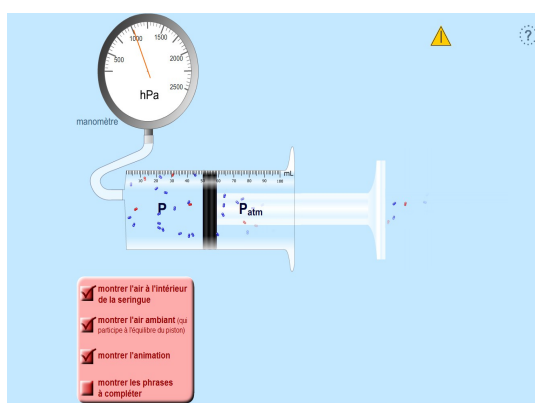
### Remarque générale et conclusion

Tout d'abord, l'enseignant doit être très vigilant à propos des explications directement visibles ou disponibles en cliquant sur un bouton *aide* ou un point d'interrogation. Les réponses demandées s'affichent alors et l'élève peut les copier sans comprendre un traître mot. Les explications sont parfois trop complexes et l'élève peut perdre un temps précieux à essayer de comprendre leur signification.

En conclusion de cette partie, il nous paraît judicieux de proposer, dans un premier temps, des appliquettes ayant peu de paramètres afin que les élèves puissent surtout effectuer une observation pour comprendre le modèle moléculaire et prévoir son comportement dans de nouvelles situations. Dans un deuxième temps, nous proposerons aux élèves des appliquettes comprenant plus de paramètres leur permettant de tester des hypothèses.

### 6.2.3 Bilan provisoire et choix des appliquettes

L'étude des deux premières critiques permet la sélection des appliquettes qui seront utilisées durant la séquence. Au début de la séquence, les premières applications proposées aux élèves doivent être réalistes et ne proposer que peu de paramètres influençant l'environnement simulé. Ce sont les premiers niveaux taxonomiques qui sont travaillés (connaissance, compréhension et application). Notre choix s'est porté sur les appliquettes 2.4 et 1.7 pour la compression et les états de la matière respectivement.



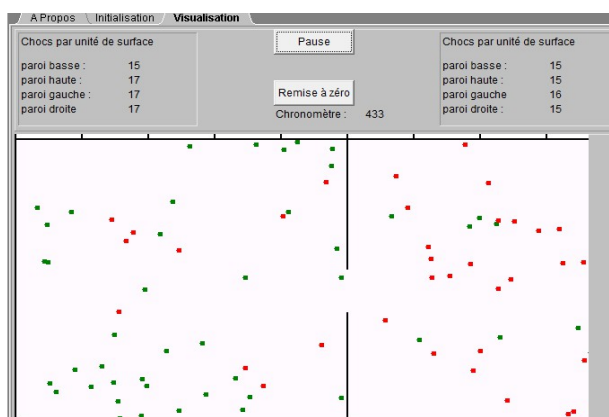
*Illustration 15: Appliquettes retenues pour la compression d'un gaz et la présentation des états de la matière*

L'appliquette 2.4 a l'énorme avantage de montrer les particules de l'atmosphère alors que les élèves ont tendance à les oublier. Nous n'avons pas retenu le 2.3, malgré sa pertinence, car les molécules sont moins visibles du fait de la graduation de la seringue.

Comme nous demandons aux élèves de représenter, dans un rectangle, les molécules dans les

différents états de la matière, nous ne voulions pas des appliquestes trop proches de ce qui leur est demandé (1.4), car leur travail se réduirait à de la copie. L'appliquette 1.7 permet d'observer les trois états de la matière simultanément (contrairement au 1.9) et donne une part très importante au macroscopique. Elle a l'avantage de montrer les mêmes molécules dans les trois états (contrairement à l'appliquette 1.5). Pour terminer, les deux appliquestes retenues possèdent des options qui permettent de n'afficher que le macroscopique dans un premier temps, puis le microscopique.

La deuxième partie de la séquence porte sur la diffusion, la pression et la température. Il convient alors d'utiliser une appliquette aux représentations fortement codifiées afin que l'élève abandonne le cadre de rationalité familier pour celui de la physique théorique. Cette appliquette doit aussi posséder un grand nombre de paramètres modifiables. Notre choix s'est porté sur le 2.14, appelé *Atelier théorique cinétique des gaz*, en vue de ses très nombreuses possibilités de paramétrage. Un des principaux avantages de cette appliquette est que, tout comme la 2.10, la notion de pression n'est pas indiquée mais reste à construire par les élèves. Pour cela, la possibilité d'insérer une paroi mobile et d'analyser son mouvement s'avère très pertinente. L'appliquette est utilisée en mode sans oscillation. Une explication plus complète de cette application relativement complexe est disponible en annexe.



*Illustration 16: Appliquette retenue pour la diffusion d'un gaz, la température et la pression*

## 7. La passation de la séquence

### 7.1 Déroulement

La planification complète de notre séquence figure en annexe. Dans ce chapitre, nous reprendrons les éléments essentiels.

#### Partie 1 : Introduction au modèle moléculaire et compressibilité des gaz

Lors de la première séance, les élèves ont à disposition différents objets (des cuillères, des plaquettes en aluminium, de l'eau, du sirop, des béchers, des ballons et des seringues) et doivent inventer diverses manipulations afin de découvrir les propriétés des différents états de la matière. Lors de la mise en commun et l'institutionnalisation qui suivent, les caractéristiques de chaque état sont explicitées. L'enseignant insiste sur l'expérience qui consiste à comprimer une seringue remplie d'air et une autre remplie d'eau. En conclusion, les élèves observent qu'un gaz, contrairement à un liquide, est compressible.

L'enseignant donne ensuite la définition d'un modèle : il n'est pas la réalité, mais permet de mieux la comprendre. Comme le modèle moléculaire a été développé par des scientifiques au fil de nombreux siècles, il est inconcevable que les élèves le découvrent entièrement par eux-mêmes en quelques minutes. Nous suivons l'exemple de l'étude de Larcher, Chomat et Méheut (1990) pour proposer un germe de modèle suivant :

1. Une particule ne se déforme pas (elle ne s'aplatit pas).
2. Une particule garde les mêmes dimensions (son volume ne change pas, elle ne *maigrit* pas et ne *grossit* pas).
3. Une particule garde la même masse.
4. Une particule ne se coupe pas.

L'enseignant distribue ensuite le pré-test sur la compressibilité et demande aux élèves de dessiner leurs représentations. Le dessin de la seringue est repris de Larcher *et al.* (1990). Les élèves doivent effectuer une modélisation. Le pré-test est ramassé. Ils descendent ensuite en salle d'informatique afin de travailler avec l'appliquette 2.4. Ils déplacent la seringue à l'aide de la souris et observent les conséquences sur le modèle. Ils peuvent ainsi modifier, si nécessaire, leurs représentations, puis complètent le post-test. Le retour en salle de classe permet la mise en commun et l'institutionnalisation.

#### Partie 2 : Les états de la matière et la diffusion d'un gaz

Les caractéristiques des trois états physiques de la matière ont été découvertes lors des expériences de la première séance. Dans cette partie, les élèves tentent de donner une explication à l'aide du modèle moléculaire. Après avoir complété un pré-test, les élèves observent l'appliquette 1.7 affichée au beamer puis complètent le post-test. L'enseignant dirige la mise en commun et l'institutionnalisation qui suit. Il propose quelques exercices d'entraînement. Il ouvre ensuite une bouteille de parfum et les élèves se lèvent dès qu'ils sentent l'odeur. Le parfum est invisible et se propage lentement dans toute la salle. Les élèves écrivent leurs observations et leurs interprétations. Pour expliquer la diffusion, les élèves doivent utiliser le modèle moléculaire à l'aide de l'appliquette



2.10 et suivre les étapes proposées par la *fiche élève – situation 1* (voir annexes). Dès la fin de ce travail, ils retournent en salle de classe pour la mise en commun et l'institutionnalisation.

### Partie 3 : La pression et la température

Pour introduire la pression au niveau macroscopique, l'enseignant propose la situation-problème suivante :

*Un samedi matin, tu décides d'aller skier. Tu mets dans ton sac un paquet de chips. Arrivé au sommet des pistes, tu ouvres ton sac et prends ton paquet de chips. Qu'observes-tu ?*

Une mise en commun permet une description de la situation : le paquet de chips est gonflé en altitude. Un travail de réflexion individuel, puis par binôme, est alors envisagé. Les élèves doivent fournir une explication. La différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du paquet de chips permet d'expliquer le phénomène physique étudié. Dans un deuxième temps, l'enseignant réalise une expérience pour aborder la notion de température en laissant tomber une goutte d'encre dans un verre contenant de l'eau chaude et un de l'eau froide. L'encre se disperse plus vite dans l'eau chaude.

Une fois que la pression et la température ont été abordées de manière macroscopique à l'aide de la situation-problème et de l'expérience, les élèves descendent en salle d'informatique. Ils travaillent avec l'appliquette 2.10 et suivent les étapes proposées par les *fiches élèves – situations 2 et 3* (voir annexes). Nous avons décidé de guider les élèves car l'utilisation de l'appliquette est difficile pour des élèves du CO. L'enseignant forme ensuite des groupes hétérogènes et les élèves discutent de leurs résultats en relançant les simulations si nécessaire. Le retour en salle de classe permet la réalisation du post-test puis la mise en commun.

### Partie 4 : La dilatation, la conduction thermique et l'évaluation sommative

Lors de la dernière étape, la dilatation et la conduction thermique sont étudiées. Aucune appliquette n'est alors présentée. L'évaluation sommative est ensuite réalisée. Cette quatrième partie ne sera pas analysée dans le cadre de ce travail.

## 7.2 Analyse du cours et interprétations des résultats

### Partie 1 : Introduction au modèle moléculaire et compressibilité des gaz

Le pré-test et le post-test sont identiques afin d'apprécier l'évolution des représentations des élèves.

#### Analyse du pré-test (17 productions recueillies)

Lors du pré-test, les élèves n'avaient que le germe du modèle à disposition et devaient réaliser une modélisation. Ils ont dessiné des molécules et expliqué pourquoi un gaz, contrairement à un liquide, est compressible. Sept élèves parlent d'un regroupement ou de rapprochement de molécules. Cinq élèves expliquent la compressibilité d'un gaz par une augmentation de la vitesse :

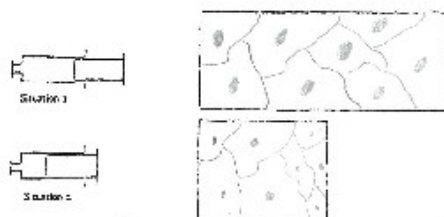
“ Plus excité quand ça comprime ”, “ ça va plus vite ”.

Deux autres expliquent la compressibilité par la masse ou le poids :

“ Car le gaz est d'une masse moins lourde que celle d'un liquide ”  
“ Le gaz n'a pas de poids contrairement au liquide où il y a une substance ”.

Nous avons aussi remarqué que certains élèves mélangent le niveau macroscopique et microscopique.

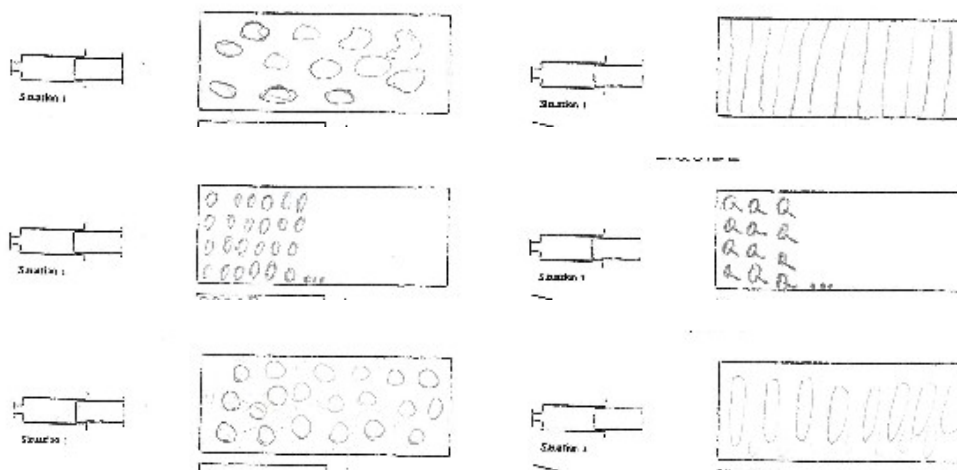
Concernant le dessin, deux élèves ont dessiné des cellules et une autre des alvéoles pulmonaires.



*Illustration 17: Des cellules à la place des molécules*

Pour expliquer cette erreur, nous pensons que ces élèves se sont forgés une conception incomplète lors des précédents chapitres en se représentant les cellules et les alvéoles pulmonaires comme le plus petit niveau d'organisation du vivant. Cette confusion est d'origine didactique puisque les cellules ont été présentées comme la plus petite forme de vie et les alvéoles pulmonaires comme de petits sacs microscopiques et extrêmement nombreux dans nos poumons.

Une seule élève respecte le nombre de particules lors de la compression du gaz. Cependant, neuf élèves ont rapproché les molécules lors de la compression tout en rajoutant des particules. Dessiner des molécules s'est avéré un exercice difficile puisque six élèves n'ont rien dessiné du tout. Une grande difficulté a été de représenter les particules dans un liquide. En effet, plusieurs élèves ont dessiné des molécules différentes entre le gaz et le liquide.



*Illustration 18: Des molécules différentes pour représenter les gaz et les liquides*

Quatre élèves seulement ont dessiné les mêmes particules dans les deux situations et un seul a utilisé tout l'espace pour représenter le liquide dans la seringue.

### Analyse du post-test

Cette fois, huit élèves citent un rapprochement des molécules pour expliquer la compression (un élève de plus). Certains parlent toujours de compression des molécules. Plusieurs n'avaient rien écrit

lors du pré-test ; l'appliquette a permis de faire émerger leurs représentations, même erronées :

“ Car le gaz occupe toute la place et se dissout dès qu'on le comprime contrairement à l'eau où elle ne se dissout pas et si elle occupe toute la place et ne peut plus se comprimer. ”

“ Parce qu'il y a de l'espace vu qu'on ne peut pas le toucher tandis que le liquide on peut le toucher donc plus de molécules. ”

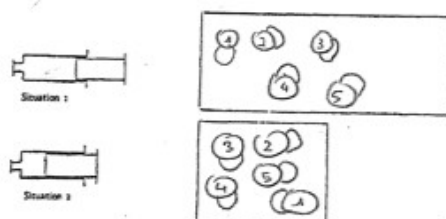
“ Le gaz ne prend qu'une partie de la seringue ”

“ Quand on comprime la seringue, il y a moins d'air ”

Nous nous apercevons que les élèves confondent le niveau macroscopique et microscopique et utilisent beaucoup le cadre de rationalité familier/culturel. Ce dernier a donc été favorisé par l'observation d'une appliquette aux représentations réalistes. Ce résultat est en accord avec la littérature explicitée dans le cadre conceptuel.

Concernant le dessin, quatre élèves respectent le nombre de particules (trois de plus qu'au pré-test) et 12 élèves les rapprochent (trois de plus) lors de la compression d'un gaz. Cependant, aucune amélioration dans la représentation d'un liquide n'a été observée. L'appliquette ne portait que sur la compression d'un gaz. Les élèves n'ont pas réussi à étendre le champ de validité du modèle.

Cette fois, contrairement au pré-test, plus personne n'a utilisé des cellules ou des alvéoles pulmonaires. Cependant, quatre élèves ont dessiné la molécule comme un assemblage de deux atomes comme dans l'appliquette.



*Illustration 19: Les molécules formées de deux atomes*

Nous nous sommes demandé si les élèves comprenaient vraiment pourquoi les molécules sont représentées par deux disques collés et pourquoi il y avait deux couleurs différentes. Nous avons décidé de poser des questions supplémentaires par écrit. Pour la majorité des élèves, l'utilisation de rouge et de bleu permet de différencier l'oxygène et le dioxyde de carbone. Un seul élève nomme le diazote et deux élèves parlent de gaz ou de composants différents. Pour justifier l'utilisation de deux disques pour former une molécule, les élèves ont eu plus de difficultés à répondre. Si certains parlent d'oxygène et de dioxyde de carbone, d'autres trouvent des réponses assez originales :

“ Il y a le + et le - ”

“ Pour en mettre plus au même endroit ”.

Une élève justifie ce choix ainsi :

“ Parce que c'est une molécule et une molécule normalement c'est plusieurs morceaux ensemble ”.

Nous nous apercevons donc qu'une difficulté supplémentaire a été rajoutée par l'utilisation de couleurs différentes et par la représentation des molécules sous forme de deux disques.

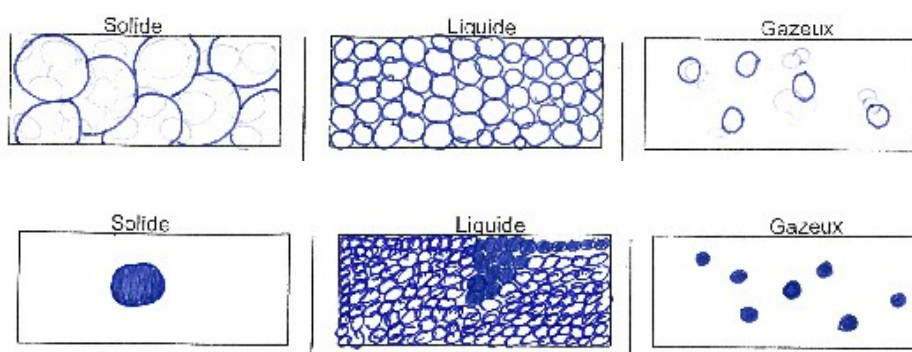
En conclusion, nous pouvons affirmer pour cette première partie que trois à quatre élèves ont des résultats significativement meilleurs lors du post-test. L'appliquette a favorisé le raisonnement avec le cadre de rationalité familial/culturel. Elle a favorisé l'émergence des représentations des élèves, mais ne les a pas beaucoup modifiées. Il aurait été peut-être judicieux de proposer un travail de groupe pour amener les élèves à confronter leurs représentations et, ainsi, à les faire modifier.

## Partie 2 : Les états de la matière et la diffusion d'un gaz

### Les états de la matière (15 productions recueillies)

Le pré-test et le post-test sont identiques. Le premier permet de faire jaillir les représentations initiales, tandis que le deuxième évalue les acquis des élèves après avoir observé l'appliquette.

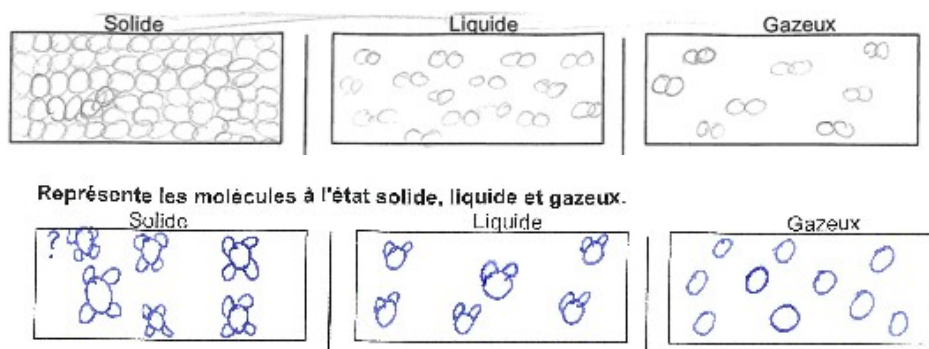
Lors du pré-test, dessiner correctement l'état solide s'est révélé comme la difficulté principale. En effet, seul l'état physique n'a pas été abordé lors de l'exercice précédent. Quelques élèves ont représenté les particules à l'état solide soit beaucoup plus grandes, soit de manière différente par rapport aux autres états.



*Illustration 20: Une représentation différente des molécules à l'état solide*

L'appliquette s'est révélée utile puisque les élèves ont présenté des molécules plus ou moins de la même grandeur dans les trois états lors du post-test.

L'appliquette présente chaque molécule comme un assemblage de trois atomes ( $H_2O$ ) et une structure tétraédrique pour l'état solide. L'application précédente montrait des molécules formées de deux atomes. Cette différence entre les deux applications a été source de difficultés chez certains élèves.



*Illustration 21: Influence des différentes représentations des molécules*

De façon générale, nous n'observons que peu de différences entre les deux tests. Cinq et neuf élèves ont dessiné correctement les trois états lors du pré-test et du post-test respectivement. Dans quelques rares cas, la situation s'est même dégradée, notamment à cause des différentes représentations des molécules dans les deux appliquestes. Concernant l'analyse des textes, nous remarquons quelques améliorations chez trois à quatre élèves. Un élève a donné une explication très vague dans le premier test, puis a noté dans le deuxième :

“ les molécules se touchent (dans un solide) / elles sont serrées donc on peut pas les comprimer (dans un liquide) / elles ont de l'espace donc on peut comprimer le gaz. ”

L'appliquette a été bénéfique pour quelques élèves, bien que la majorité des post-tests présente peu d'amélioration car les réponses étaient déjà suffisamment pertinentes lors du pré-test. Seules deux élèves, dont une allophone, présentent toujours de gros déficits à la fin du post-test en pensant que les particules solides sont plus petites que les particules à l'état gazeux.

En conclusion de cette partie, nous remarquons que les élèves avaient de manière générale bien réussi leur pré-test. Quelques améliorations lors du post-test sont perceptibles chez trois à quatre élèves. Cependant, le choix de l'application semble discutable : les deux appliquestes analysées successivement présentent les molécules de manière différente. Nous jugeons de manière *a posteriori* qu'il est indispensable d'utiliser des appliquestes qui affichent les molécules de la même manière.

### La diffusion d'un gaz

En analysant l'appliquette, la plupart des élèves ont trouvé que les particules se déplacent dans tous les sens. Presque tous les élèves ont mentionné que, lors des chocs contre une paroi, les molécules “ changent de trajectoire ”, “ partent dans une autre direction ”, “ vont dans le sens inverse ”, “ reviennent en arrière ”. Beaucoup d'élèves ont aussi trouvé que les particules accéléraient, ce qui va à l'encontre du postulat de la conservation du mouvement. Pour expliquer la diffusion, quatre élèves ont alors modifié leur conception initiale en parlant de mélange de molécules. La réponse la plus aboutie est la suivante :

“ Elles (les molécules) se mélangent à l'air ambiant en rebondissant ”.

Les élèves devaient ensuite dessiner la diffusion d'un gaz. La difficulté principale a été de représenter le mouvement des particules. Plusieurs élèves m'ont posé la question durant le cours. N'ayant pas obtenu de réponse, certains ont trouvé eux-mêmes une solution :



Illustration 22: Des flèches pour représenter le mouvement des particules

### Partie 3 : La pression et la température

#### La pression (15 productions recueillies)

Lors de la première simulation, les molécules sont regroupées à gauche d'une paroi mobile. Cette dernière se déplace vers la droite à chaque choc. Huit élèves ont répondu correctement en observant que les molécules poussent (ou tapent) la paroi. Quelques élèves ont utilisé leurs représentations familières :

“ Les particules ont besoin de plus d'espace ” ou “ le gaz se libère ”.

Les élèves devaient ensuite réaliser une deuxième simulation en paramétrant autant de molécules de chaque côté de la paroi mobile. Ils devaient prévoir le comportement du modèle puis lancer la simulation. Sept élèves, soit près de la moitié, ont prévu que la paroi n'allait pas bouger. Voici une production d'un élève :

“ Elle va rester immobile parce que ça pousse des deux côtés ”.

Deux autres ont prédit un mouvement de la paroi et quatre un mélange de molécules.

Les élèves ont finalement réalisé une dernière simulation en paramétrant autant de molécules de chaque côté de la paroi mobile mais en plaçant cette dernière plus à gauche. Neuf élèves ont prédit le mouvement de la paroi, cinq ont précisé que la paroi se déplacerait jusqu'au milieu. Quelques élèves ont justifié par un nombre de chocs plus grand ou un espace plus petit à gauche. Seuls trois élèves ont prédit que la paroi ne bougerait pas.

En conclusion de cette partie, nous nous apercevons que peu d'élèves mélangent le macroscopique et le microscopique, car l'appliquette utilise des représentations codifiées. La majorité des élèves a perçu l'importance des chocs pour expliquer la pression.

#### La température (14 productions recueillies)

Lors de cette simulation, les élèves ont paramétré des températures différentes pour deux types de molécules. Ils se sont tous aperçus que les molécules dont la température était plus élevée se déplaçaient plus vite. Après avoir visionné la simulation, les élèves devaient expliquer pourquoi un mélange d'eau chaude avec de l'eau froide donnait de l'eau tiède. Cinq élèves ont expliqué le phénomène en parlant de vitesse des particules. Ils retiennent que les particules de gauche “ vont aller moins vite ”, qu'elles “ auront la même vitesse ” au final et qu'elles ne “ seront ni excitées ni calmes ”. Un élève ne parle pas d'équilibre des vitesses :

“ Il y aura des particules lentes et certaines rapides ”.

Cependant, la simulation ne semble pas aider les plus faibles élèves. En effet, ces derniers pensent qu'il y a “ plus de particules dans l'eau froide ” (trois élèves), que l'eau froide domine l'eau chaude (trois élèves) et que les particules chaudes refroidissent (un élève). Ainsi, la majorité des élèves n'ont pas trouvé la bonne réponse.

Dans la question suivante, il fallait expliquer pourquoi la goutte d'encre se propage plus rapidement dans l'eau chaude que dans l'eau froide. La moitié des élèves a expliqué le phénomène par un mouvement plus rapide des molécules dans l'eau chaude. Voici une production :

“ Dans l'eau chaude, les molécules bougent plus vite quand ça se mélange. ”

Les autres élèves n'arrivent toujours pas à expliquer par le modèle moléculaire :

“ L'eau froide permet moins de déplacement. ” (3 élèves)

La dernière question est une question de transfert : les élèves ont dû reconnaître l'influence de la température sur la pression. Peu d'élèves se sont prononcés : trois ont estimé que non et trois ont affirmé que oui, notamment :

“ oui, si la température est plus chaude, les molécules seront plus excitées donc poussent la paroi ”.  
Et si elles sont plus rapides, “ elles pousseront la paroi plus fort ”.

Les réponses de ces deux élèves sont très satisfaisantes. Cependant, il n'y a pas assez de bonnes réponses.

### Travail de groupe

Dans un deuxième temps, les groupes sont formés et les élèves ont commenté leurs productions. Le retour en salle de classe a permis de réaliser le post-test et de vérifier les connaissances que les élèves ont acquises.

### Post-test (17 productions) : la température

Dix élèves ont expliqué la température en faisant intervenir la vitesse. Un élève a trouvé que quand il fait chaud, les molécules bougent moins vite. Deux élèves ont utilisé leurs représentations familières :

“ Quand il fait froid, les molécules se regroupent. Quand on met l'encre ça reste un peu en place. Tandis que quand c'est chaud, l'encre prend toute la place à disposition car les molécules ne sont pas regroupées. ”  
“ Il y en a plus quand il fait chaud, ça nous étouffe parce qu'il y en a beaucoup ”

### Post-test : la pression

Huit élèves ont expliqué la pression par le choc des molécules contre la paroi, à l'exemple de :

“ plus on monte en altitude, plus les molécules poussent le paquet ”,  
“ les molécules plus rapides pousseront plus fort sur une paroi ”,  
“ elle fonce contre la paroi et revient en arrière ”.

Les autres ont expliqué par le resserrement des molécules (un élève), par la compression (un élève), l'espace occupé par les molécules (un élève), la compression des molécules (un élève), ou la vitesse et le nombre des molécules (un élève).

### Post-test : L'expérience de la patate

Pour la question suivante, nous avons réalisé une expérience en chauffant une éprouvette contenant de l'air et fermée par un bouchon en patate. Au bout d'un moment, le bouchon de patate s'est ouvert.

Pour expliquer le phénomène, cinq élèves ont pris en compte la pression sans expliciter le rôle de la

température :

“ Les molécules vont taper beaucoup plus jusqu'à ce que la pomme de terre saute ”.

Quatre élèves n'ont parlé que de la température sans prendre en compte la pression :

“ La patate sort, car en chauffant les molécules vont de plus en plus vite, jusqu'à ce que la patate ne résiste plus ”

“ Les molécules sont moins serrées quand il fait chaud ”.

Cinq élèves ont répondu correctement en affirmant que la pression est proportionnelle à la température :

“ Les molécules chauffées seront plus rapides, donc elles pousseront plus fort avec le bouchon qui partira ”.

Finalement, deux élèves ont donné des explications erronées:

“ Les molécules vont être de plus en plus nombreuses alors ça va éjecter la patate ”

“ L'air devient liquide lorsqu'il y a de la pression ”.

En conclusion de cette partie, nous nous apercevons que les élèves ont acquis de meilleurs résultats après le travail de groupe autour de l'ordinateur. Nous estimons qu'il s'avère judicieux de proposer un travail individuel dans un premier temps car ainsi chaque élève aura l'opportunité de manipuler l'appliquette et commencer une réflexion, et de proposer, dans un deuxième temps, un travail de groupe autour de l'appliquette pour que les élèves puissent confronter leurs représentations. De plus, nous constatons qu'il s'avère nécessaire de présenter aux élèves une appliquette qui permette d'apprécier directement l'impact de la température sur la pression, car ils n'ont, dans l'ensemble, pas réussi à transférer leurs connaissances pour lier ces deux notions. Finalement, comme l'appliquette était difficile, nous avons décidé de guider les élèves pour entrer les paramètres. Selon le tétraèdre de Lombard, nous nous trouvons uniquement sur l'arête “ enseignant-élève ” et “ DCP-élève ”, car l'élève se contente de suivre des instructions qui le guident pas à pas. Il ne teste pas ses propres hypothèses. Une appliquette plus simple d'utilisation aurait été préférable.

### **7.3 Bilan des appliquettes**

La passation de la séquence nous a permis de relever certains aspects des appliquettes qui ont été source de difficultés et d'obstacles pour les élèves. Les appliquettes choisies utilisent des notions que les élèves ne maîtrisent pas entièrement :

Appliquette 1.7 :

- division de la molécule d'eau en atomes d'hydrogène et d'oxygène ;
- structure tétraédrique des molécules d'eau à l'état solide.

Appliquette 1.8 :

- utilisation de couleurs différentes pour l'azote et le dioxygène ;
- division des molécules de diazote et de dioxygène en deux atomes d'azote d'oxygène



respectivement ;

- utilisation d'un baromètre comme appareil de mesure de la pression ;
- utilisation de l'unité de la pression en hPA ;
- possibilité d'afficher des phases à compléter dont le texte n'est pas adapté aux élèves.

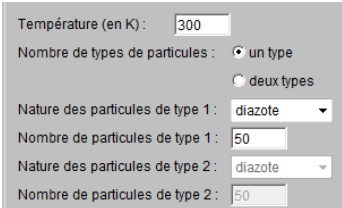


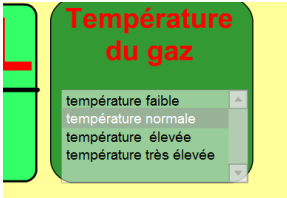
#### Appliquette 2.14

- manipulation d'un trop grand nombre de paramètres ;
- position de la paroi mobile entre 0 et 1 ;
- durée du temps en millisecondes ;
- température donnée en Kelvin : les élèves ne connaissent que le Celsius. Ils n'arrivent donc pas à se représenter les grandeurs en Kelvin ;
- noms des particules peu clairs pour les élèves (diazote...).

Lors de l'utilisation de l'appliquette 2.14, les élèves ont été déstabilisés par la quantité d'informations et de chiffres, alors que les images sont rares et les paramètres trop nombreux et difficilement modifiables. Cette appliquette a posé beaucoup de difficultés aux élèves. Pour choisir une autre plus adaptée, il convient alors de rajouter un troisième critère : l'utilisabilité. La conclusion permettra de cibler les conditions pour que la prise en main soit rapide, intuitive et agréable.

### ***7.4 Un nouveau critère : l'utilisabilité***

L'analyse *a posteriori* de la séquence a débouché sur la sélection d'un troisième critère : l'utilisabilité. Pour l'étudier, nous utilisons les critères de Bastien et Scapin (1993) afin de comparer les composants d'interface graphique et les moyens de feedback des différentes appliquettes. Le tableau ci-après reprend les composants d'interface graphique des appliquettes de compression, de pression et de température (appliquettes 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13) et liste les avantages et les désavantages non exhaustifs de chacun des composants.

<b>Méthode 1</b> Les zones de textes.	(2.14) 	<u>Avantages:</u> - Large choix de valeurs pour le paramètre. <u>Inconvénients:</u> - Gestion des erreurs (pour les valeurs extrêmes). - Contient beaucoup de texte. - Difficile à utiliser si l'utilisateur ne se rend pas bien compte des grandeurs. (que représente 300K pour un élève?) - Nécessite des connaissances physiques précises : le kelvin, le diazote...
<b>Méthode 2</b> Les boutons poussoirs permettent d'augmenter ou de diminuer un paramètre en cliquant sur un bouton.	(2.9)  Boutons sous forme de texte ou accompagnés d'un texte.	<u>Avantages:</u> - Plus simple à utiliser que la méthode 1. <u>Inconvénients:</u> - Le texte alourdit l'appliquette (volume, augmenter, diminuer). - Peu de possibilités d'action (incrémentations imposées). - Lent pour paramétrer des grandeurs extrêmes. - Feedback et réversibilité difficiles.
	(2.10)  Boutons représentés par des images.	Une image permet de contrer l'inconvénient principal de l'appliquette précédente en diminuant le texte. Cependant, seul deux volumes sont disponibles : un grand et un petit.
<b>Méthode 3</b> Les listes et les cases à cocher.	(2.7) 	<u>Avantages:</u> - Cette fois, le feedback est visible et la réversibilité facilement réalisable. - Possibilité de passer rapidement d'une extrémité à l'autre. <u>Inconvénients:</u> - Trop de texte et d'informations qui alourdissent la présentation

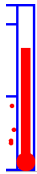

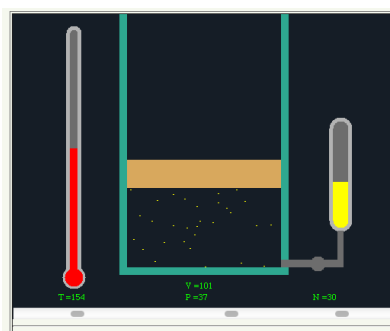
		- Seulement quatre cas possibles.
<b>Méthode 4</b> <i>Le drag and drop ou glisser / déposer.</i> L'utilisateur clique et déplace une grandeur. Cette technique est très utilisée pour faire bouger un piston.	(2.12) 	<u>Avantages:</u> - Très simple et intuitif. - Pas de texte. - Feedback et réversibilité. - Possibilité de modifier faiblement ou fortement un paramètre. <u>Inconvénients:</u> - Caché. L'utilisateur ne va pas utiliser le glisser-déposer s'il ne sait pas qu'il peut le faire.
<b>Méthode 5</b> <i>Les sliders ou ascenseurs.</i>	(2.8, 2.11, 2.13) 	<u>Avantages:</u> - Simple et intuitif. - Peu de texte. - Feedback et réversibilité. - Possibilité de modifier faiblement ou fortement un paramètre. <u>Inconvénients:</u> - Prend de la place. - Manque parfois de précisions dans les petites incrémentsations.

Tableau 9: Les composants d'interface graphique

L'analyse de ce tableau est réalisée à la lumière des critères de Bastien et Scapin (1993). La méthode 1 utilise beaucoup de textes, de nombres et nécessitent la capacité de se représenter les grandeurs physiques. Elle nous semble ainsi la moins adaptée pour des adolescents. De plus, elle nécessite une gestion des erreurs, c'est-à-dire des valeurs trop grandes ou trop petites. Les méthodes 2 et 3, bien que possédant quelques avantages, nécessitent en général beaucoup de texte et ne permettent pas beaucoup de liberté à cause de l'incrémentations imposées. La méthode 4 nécessite peu de texte tout en étant simple et intuitive. En effet, l'utilisateur *pousse* sur le piston pour le faire avancer. Cependant, s'il n'y a aucune information, l'utilisateur ne sait pas qu'il peut modifier un paramètre. L'exemple de l'appliquette 2.2 est assez parlant : le piston est initialement en dehors de la zone d'affichage et l'utilisateur ne sait pas qu'il peut utiliser un *glisser-déposer* pour le déplacer. Des indications doivent alors être fournies (2.12), ce qui alourdit énormément la page. La méthode 5 ne nécessite que très peu de texte, s'avère simple et intuitive à utiliser, elle permet de modifier faiblement ou fortement un paramètre, bien qu'elle prenne parfois beaucoup de place (2.8). En conclusion de cette partie, nous estimons que les appliques les plus adaptées pour les adolescents fonctionnent avec la méthode 5 couplée avec la 4, ce qui rend l'appliquette plus flexible (l'utilisateur a deux façons différentes pour réaliser une tâche). Un maximum de texte est évité et la manipulation est simple et intuitive.

### Feedback

Un feedback représente les retours que réalise l'appliquette quand l'utilisateur modifie un paramètre. Une bonne utilisabilité nécessite un retour permettant à l'utilisateur de comprendre, dans un premier temps, que les modifications effectuées ont été prises en compte par l'ordinateur et d'apprécier rapidement, dans un deuxième temps, les conséquences de ses actions sur le modèle particulaire. Pour indiquer que les informations ont été comprises, des appliques affichent la valeur du paramètre ; elle ne peut pas être modifiée directement mais est recalculée à chaque nouveau paramétrage. Dans certaines applications, à l'exemple de la 2.11, les créateurs ont eu l'idée de rajouter des jauges :



*Illustration 23: Feedback  
réalisé par des jauges*

Si l'utilisateur modifie la température, la jauge rouge dans le thermomètre augmente. L'appliquette confirme ainsi que la modification du paramètre a été comprise. Dans un deuxième temps, l'utilisateur doit pouvoir apprécier les conséquences de son paramétrage sur le modèle. Par exemple s'il modifie la masse des particules, leur rayon doit immédiatement augmenter sur le modèle dynamique. Cette caractéristique semble évidente mais s'avère lacunaire dans beaucoup d'appliquettes. Dans l'appliquette 2.13, la simulation est remise à zéro et les molécules ramenées instantanément à leur place à chaque modification de paramètre. La conséquence des actions de l'utilisateur n'est ainsi pas directement visible. Ce défaut est encore accentué dans la 2.14, car un changement d'onglet est nécessaire pour le paramétrage en plus d'une réinitialisation. Les appliquettes 2.9 et 2.12 ont un meilleur feedback car, lorsque l'utilisateur augmente le nombre de molécules, des particules sont instantanément rajoutées à des endroits aléatoires pendant que les autres continuent à se déplacer. Cependant, une faible augmentation n'est pas toujours directement visible. La plus efficace est la 2.8 car les molécules apparaissent toujours au même endroit (en haut à gauche).

L'utilisateur doit pouvoir observer les conséquences de ses choix sur le modèle, mais doit aussi évaluer la différence de pression ou de chocs par unité de surface qui résulte d'une modification d'un paramètre. Pour cela, la plupart des animations affichent directement la valeur au format numérique tandis que d'autres utilisent une jauge. Cette dernière est, selon nous, préférable pour des élèves de niveau II.

Pour conclure cette partie, nous estimons que les appliquettes 2.8 et 2.11 sont les plus ergonomiques alors que la dernière place est occupée par la 2.14.

## 7.5 Retour sur le choix des appliquestes

L'analyse de la passation du cours et du critère d'utilisabilité nous impose de changer d'appliquestes pour l'année prochaine. Le fait que les molécules ne soient pas représentées de la même manière dans les appliquestes 2.4 et 1.7 a été une difficulté essentielle durant la passation de la séquence. La cohésion des appliquestes est un critère important. Il nous semble judicieux d'éviter les molécules représentées comme un assemblage d'atomes. C'est pourquoi la 2.3 nous semble à présent préférable à la 2.4.

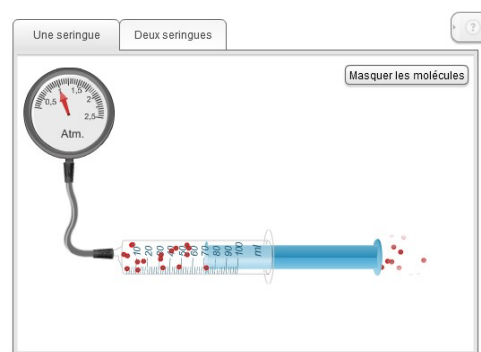


Illustration 24: Choix final pour la compression

La 1.5 nous semble à présent plus pertinente que la 1.7 car, en plus de présenter des propriétés telles que la surface libre horizontale des liquides et le passage d'une particule sur une autre, l'appliqueste présente les molécules comme des disques. Idéalement, nous aurions désiré que les couleurs entre l'état solide, liquide et gazeux soient identiques.

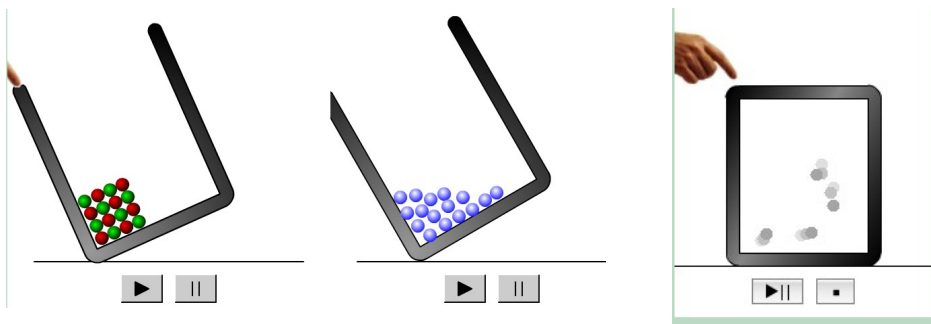
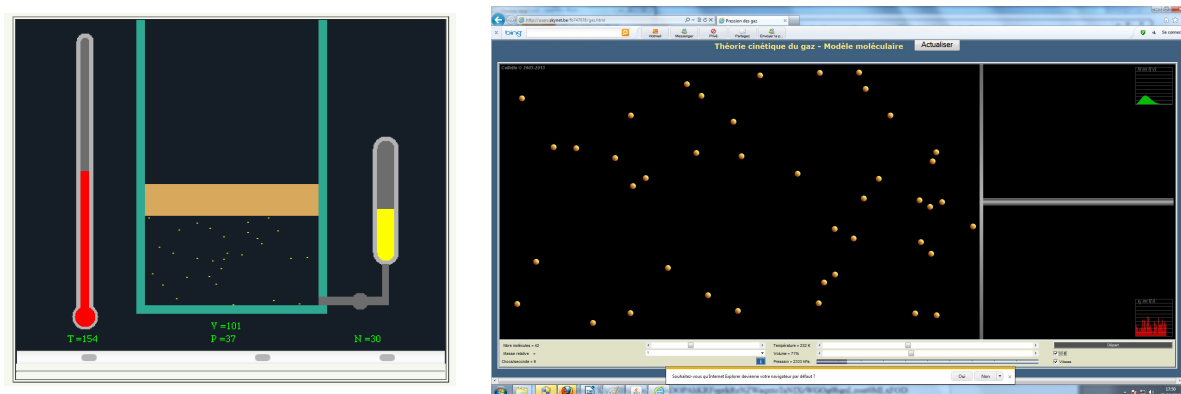


Illustration 25: Choix final pour les états de la matière

L'année prochaine, les élèves ne travailleront pas avec l'appliqueste 2.14. Idéalement, il faudrait une appliqueste possédant des représentations codifiées, ne proposant pas d'options comme l'affichage d'aide ou d'exercices supplémentaires mais proposant trois différents paramétrages tels que la modification du nombre de molécules, la température et le volume. Modifier la masse des particules peut s'avérer utile pour les classes de niveau 1. Les boutons d'interface graphique sous forme de *sliders* (2.8, 2.11, 2.13) sont préférables, bien que trop denses dans certaines appliquestes. Les paramètres sont accompagnés d'une jauge qui sert de feedback (2.11) mais qui peut aussi permettre de modifier les paramètres par *glisser-déposer*. L'appliqueste recalcule et affiche les valeurs des paramètres à chaque modification et modifie le modèle cinétique à la manière du 2.8. Si l'application idéale n'existe pas, les deux appliquestes qui s'en rapprochent le plus sont les 2.11 et 2.8.



*Illustration 26: Choix final pour la température et la pression*

Ces deux appliquettes sont complémentaires. La première permet de construire la notion de pression, car la paroi est mobile et réagit aux collisions avec les particules. Dans la deuxième, la notion de pression est considérée comme acquise et le but est d'identifier tous les facteurs qui l'influencent.

Grâce à la simplicité de ces deux applications, les élèves peuvent travailler de manière moins guidées. Ils pourront alors tester leurs hypothèses et interpréter les résultats de manière plus autonome et créative. Les TIC seront ainsi employées avec une pédagogie innovante et dans le cadre de la démarche scientifique.

## 7.6 Retour sur les hypothèses

### – Hypothèse 1

Lors de notre analyse, nous avons relevé que le graphisme possède un rôle important dans le choix de l'appliquette. Les représentations réalistes semblent aider l'élève au début mais l'enferment dans un cadre de rationalité familial/culturel. Il nous semble tout particulièrement important de choisir des appliquettes qui affichent les molécules de la même manière. En effet, cette erreur a été source de difficultés.

Lors de la formulation de notre hypothèse, nous donnions beaucoup d'importance au nombre d'interactions, c'est pourquoi nous avons sélectionné l'appliquette offrant le plus de possibilités. Cependant, cette appliquette s'est avérée compliquée à employer et l'utilisabilité nous apparaît désormais comme un facteur décisif.

### – Hypothèse 2

Lors de notre analyse, et particulièrement durant les notions sur la compression, les états de la matière et la diffusion d'un gaz, nous avons remarqué une amélioration, lors de post-tests, chez trois à quatre élèves. L'augmentation est relativement faible, car elle représente environ le quart de la classe. Ce travail a permis d'identifier quelques pistes afin de rendre les TIC plus efficaces. Premièrement, le travail de groupe, lors de l'étude de la température et de la pression, a été bénéfique et nous pensons qu'un enseignement plus socio-constructiviste favorisant les discussions des élèves autour des ordinateurs permettra une amélioration des productions. De plus, si notre cadre conceptuel a mis en évidence les bienfaits d'une simulation guidée à une simulation libre, vouloir guider l'élève pas à pas dans toutes les démarches s'avère contre-productif. Laisser l'élève

construire ses connaissances en réalisant une démarche scientifique favorisera une meilleure compréhension.

## 8. Conclusion

### 8.1 Limites de la démarche

Tout d'abord, il convient de citer quelques limites de la démarche. Premièrement, les résultats dépendent de la méthode d'enseignement choisie. Avec du recul, nous avons remarqué que notre enseignement s'est révélé très frontal. Selon notre cadre conceptuel, un enseignement plus socio-constructiviste aurait permis de meilleurs résultats. Deuxièmement, les fichiers ont été conçus de manière à guider les élèves et n'offrent ainsi pas les avantages cités par Herzog et Forte dans le cadre conceptuel. Des appliquettes plus accessibles aux élèves auraient sans doute permis de meilleurs résultats. Troisièmement, plusieurs élèves ont manqué quelques cours de notre séquence pour diverses raisons, rendant le suivi plus difficile. Finalement, le niveau de la classe est très faible ; quatre élèves, les deux allophones et les deux élèves difficiles, biaisent les résultats. Il convient alors de ne pas généraliser ces résultats. Les classes étudiées ne sont pas représentatives de l'ensemble de nos élèves et les résultats peuvent être différents d'une classe à l'autre.

### 8.2 Développements personnels

Les recherches théoriques ainsi que l'élaboration, la passation et l'analyse de la séquence nous ont permis de mieux comprendre les enjeux d'un enseignement par les TIC. Ce travail s'est avéré passionnant. Il nous a permis l'acquisition de nouvelles connaissances et de compétences professionnelles liées à l'organisation et à la planification de cours intégrant les TIC. L'accompagnement des élèves durant la séquence nous a fait découvrir une autre face du travail d'un enseignant : celle d'accompagnateur, de motivateur, de personne ressource, et pas seulement celle de détenteur du savoir. L'analyse *a posteriori* nous a amenés vers une démarche réflexive en vue d'améliorer notre pratique pour une future expérience. Elle donne quelques pistes à utiliser pour un futur travail.

Notre travail a également été bénéfique pour plusieurs élèves car ils se sont montrés très motivés et ont obtenu de bons résultats. Certains d'entre eux se montraient peu enclins à travailler lors des chapitres précédents. Lors des séquences suivantes, beaucoup m'ont demandé s'ils pouvaient à nouveau utiliser l'informatique en classe, car ils estimaient que cet outil offrait un grand avantage pour leurs apprentissages.

Au départ, nous voulions proposer aux élèves un logiciel de modélisation. Nous nous sommes aperçus que la tâche était bien trop complexe et nous avons finalement choisi des animations et des logiciels de simulation. Le modèle était imposé, mais les élèves devaient l'expliquer et réaliser des reprises amplifiantes afin de s'en familiariser. C'est la première fois que nous proposons ce genre d'activités ; nous avons plutôt l'habitude d'imposer un modèle et de le présenter nous-mêmes. Nous pensons que les activités proposées, bien que parfois un peu chronophages, ont permis aux élèves d'intégrer le concept de modèle particulière. L'explication de notions complexes - telles que la dilatation ou la conduction thermique - deviennent alors beaucoup plus évidentes à leurs yeux.

Lors de ce travail, nous avons remarqué que de nombreuses difficultés empêchaient une utilisation

efficace des TIC. Nous sommes favorables à l'utilisation de l'informatique en classe et nous avons déjà tenté plusieurs fois l'expérience. Nous pensions l'utiliser de manière efficace. Cependant, malgré cette habitude, il s'est avéré que notre utilisation était encore bloquée au stade d'adoption selon la taxonomie de Fourgous (2010), c'est-à-dire à une utilisation professionnelle mais dont la pédagogie reste inchangée. Ce travail en est la preuve. Les retours sur nos hypothèses proposent des pistes de régulation afin d'atteindre une pédagogie plus interactive. Quant au stade de création, seule la pratique réflexive nous permettra d'atteindre ce stade dans lequel l'élève devient un véritable acteur. Nous pouvons apprécier le chemin qu'il nous reste à parcourir avant que notre enseignement par les TIC augmente en efficacité. Bien que nous soyons convaincus qu'une pédagogie plus innovante permettrait de meilleurs résultats, nous avons encore des difficultés à changer notre manière d'enseigner et à moins guider les élèves dans leurs démarches.



## 9. Bibliographie

Alluin, F. (2010, octobre). Les technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe au collège et au lycée : Eléments d'usages et enjeux. *Les dossiers : Enseignement scolaire*, 197. Paris : Département des études, de la prospective et des statistiques.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

Bastien, J.-M.-C. & Scapin, D.-L. (1993). *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces*. Institut National de recherche en informatique et en automatique, France. [Page Web]. Accès: <http://www.webmaestro.gouv.qc.ca/publications/archives/webeducation1998-2004/2000-11/criteres.pdf>. [25 avril 2013]

Beaufils, D. (2009). Le modèle et son phénoménographe. In *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 48 (pp. 15-38). Paris : INRP.

Beaufils, D. & Ramage, M.-J. (2004). Simulation informatique et enseignement de la physique : regards didactiques. In *Bulletin de l'Union des Physiciens*, N°866 (pp. 1081-1090). Orsay : Université Paris-Sud, centre scientifique d'Orsay.

Beaufils, D., Beney, M. & Ramage, M.-J. (2003). Environnements sémiotiques manipulables pour des activités sur modèle dans l'enseignement de la physique. In *Actes EIAH2003* (pp. 519-522). Orsay : Université Paris 11, centre scientifique d'Orsay, Laboratoire DidaScO ; Brest : Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire DidaScO. [Page Web]. Accès : <http://archive.eiah.univ-lemans.fr/EIAH2003/Pdf/n055-76.pdf> . [28 avril 2013]

Beaufils, D., Ramage, M.-J. & Beney, M. (2004). *Objets graphiques manipulables et enseignement de la physique : analyse d'appliquettes*. Actes du colloque TICE 2004 (pp. 384-390). Orsay : Université Paris 11, Laboratoire DidaScO. [Page Web]. Accès : [http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/74/47/PDF/Beaufils\\_Ramage.pdf](http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/74/47/PDF/Beaufils_Ramage.pdf). [28 avril 2013]

Beaufils, D. & Richoux, B. (2003). Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique. In *Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques*, N°23 (pp. 9-38). Paris: INRP.

Bétrancourt, M. (2007). L'ergonomie des TICE : quelles recherches pour quels usages sur le terrain ? in Charlier, B. et Peraya, D. (Eds). In *Regards croisés sur la recherche en technologie de l'éducation* (pp. 77- 89). Bruxelles : De Boeck.

Cariou, J.-Y. (2002). La formation de l'esprit scientifique. Trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC. In *Biologie-Géologie*, N° 2 (pp. 279-318). S.l. : s.n..

Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations. (2011). La Génération C et

l'impact des TIC, Les résultats de l'enquête Génération C en cinq points. In *Génération C, Les « C » en tant qu'étudiants, 1* (pp. 4-6). Québec : CEFRIIO.

Chauvet, F. & Douay, M.-B. (s.d.). *Difficultés des élèves de seconde à propos des gaz : une enquête pour mettre en évidence les conceptions initiales*. [Page Web]. Accès: [http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0306d/Gaz\\_b2.pdf](http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0306d/Gaz_b2.pdf). [23 avril 2013]

Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique. (2011, juin). *Compétences fondamentales pour les sciences naturelles*. Berne : Standards nationaux de formation.

Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin (2010). *Plan d'études romand*. Neuchâtel : s.n..

Depover, C., Karsenti, T. & Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : Favoriser les apprentissages, développer les compétences*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

Dillon, A. & Morris, M. (1996). User acceptance of information technology: theories and models In M. Williams (ed.), *Annual Review of Information Science and Technology*, 31 (pp. 3-32). Medford NJ : Information Today.

Dolbec, A. (2003). La Recherche-Action. In B. Gauthier (ed.), *Recherche sociale: De la problématique à la collecte des données* (4e éd.), (pp. 505-540). Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec

Drouin, A.-M. (1988, janvier). Modèles et modélisation. In *Aster : Recherches en didactique des sciences expérimentales*, 7 (pp.1-210). Paris : INRP.

Dusseau, J.-M., Lerouge, A. & Malafoss, D. (2001). Etude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité. In *Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques*, N°18 (pp. 61-98). Paris: INRP.

Fourgous, J.-M. (2010). *Réussir l'école numérique*. Paris : Ministère de l'éducation nationale.

Fourgous, J.-M. (2012). *Apprendre autrement à l'ère numérique. Se former, collaborer, innover : Un nouveau modèle éducatif pour une égalité des chances*. Paris : Ministère de l'éducation nationale.

Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris : Centurion.

Guéraud, V., Pernin, J.-P., Cagnat, J.-M. & Cortés, G. (1999). Environnements d'apprentissage basés sur la simulation : outils-auteur et expérimentations, [Numéro spécial : Simulation et formation professionnelle dans l'industrie]. In *Revue Sciences et Techniques Educatives*, 6 (pp. 95-141). Cachan : Hermès.

Haute école pédagogique du Valais. (2011, juin). *Guide du mémoire professionnel*. Saint-Maurice.

Hebenstreit, J. (1992). Une rencontre du troisième type : simulation et pédagogie. In *L'intégration de l'informatique dans l'enseignement et la formation des enseignants* (pp. 80-87). Actes du colloque des 28-29-30 janvier 1992 au CREPS de Châtenay-Malabry, édités par Georges-Louis Baron et Jacques Baudé ; coédition INRP-EPI.

Herzog, J.-M. & Forte, E.-N. (1994). A Goal Oriented Simulation in Chemical Thermodynamics. In Dessalles, J.-L. *CALISCE 94 : Proceedings of the international Conference on Computer Aided Learning and Instruction In Science and Engineering*. Paris : Ecole nationale supérieure des télécommunications.

Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Paris : Peter Lang.

Institut pédagogique national (France). (1999). L'enseignement des sciences au lycée. In *Bulletin officiel de l'éducation nationale*, 2, N°6. Paris : Institut pédagogique national.

Kennisnet. (2010). *Four in Balance Monitor 2010 : ICT at Dutch schools*. Zoetermeer : Kennisnet.

Kirsch, M. (2008). "La pédagogie appuyée sur des preuves". In *Apprendre demain. Sciences cognitives et éducation à l'ère numérique*. Paris : Hatier.

Larcher, C., Chomat, A. & Méheut, M. (1990). A la recherche d'une stratégie pédagogique pour modéliser la matière dans ses différents états. In *Revue Française de Pédagogie*, 93 (pp. 51-61). Paris : INRP.

Lebrun, M. (2007). *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Bruxelles : De Boeck.

Lombard, F. (2003). *Du triangle de Houssaye au tétraèdre des TIC : Comment l'analyse des productions TIC permet d'approcher une compréhension des interactions entre les savoirs d'expérience et de recherche*. Paper presented at the Colloque REF 03, Genève.

Martinand, J.-L. (1994). Introduction à la modélisation. In *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques 1994-95*, Cachan (pp. 7-19). Paris : LIREST.

Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett, C. (1994). *Learning with Artificial Worlds : Computer-based Modelling in the Curriculum*. Londres : The Falmer Press.

Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : PUF.

Pelt, V. & Poncelet, D. (2011). Une recherche-action : Connaître, accompagner et provoquer le changement en science de l'éducation. In *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 33, N°3 (pp. 495-510). ISSN 1424-3946. Fribourg : Academic Press.

Pinto, R. (2002, mars). Introduction to the Science Teacher Training in an Information Society (STTIS) project. *International Journal Science Education*, 24, N°3 (pp. 227-234).

Popper, K. (1989). *La logique de la découverte scientifique*, (Thyssen-Rutten N. trad.) Paris : Payot.

(Original publié 1934)

Richoux, B., Salvétat, C. & Beauvils, D. (2002). Simulation numérique dans l'enseignement de la physique : enjeux, conditions. In *Bulletin de l'Union des Physiciens*, N°842 (pp. 497-522). Paris: L'Union.

Riopel, M. (2005). *Conception et mises à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur*. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation, Université de Montréal.

Robert, P., Rey-Debove, J., & Rey, A. (1993). Ergonomie. In *Le nouveau petit Robert: Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française* (p.905). Paris: Dictionnaires Le Robert.

Russell, T.-L. (1999). *The no significant difference phenomenon*. North Carolina : NCSU Office of Instructional Telecommunications.

Salomon, G., Perkins, D.-N. & Globerson, T. (1991). Partners in cognition : Extending human intelligence with intelligent technologies. In *Educational Researcher*, 20, N°3 (pp. 2-9).

Sanchez, E. (2008). Modélisation et simulation dans l'enseignement des SVT. In *Les Dossiers de l'ingénierie éducative*, N°63-64 (pp. 84.87). Paris, FRANCE: Centre national de documentation pédagogique.

Sauvé, L., Wright, A. & St-Pierre, C. (2004). Formation des formateurs en ligne : obstacles, rôles et compétences. In *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 1, N°2. Montréal: Profetic. [Page Web]. Accès : [http://www.ritpu.org/IMG/pdf/ritpu0102\\_sauve.pdf](http://www.ritpu.org/IMG/pdf/ritpu0102_sauve.pdf). [22 avril 2013]

Serres, M. (2012). *Petite Poucette*. Paris : Ed. le Pommier.

Thibert, R. (2012, novembre). “Pédagogie + Numérique = Apprentissages 2.0”. In *Dossier d'actualité Veille et Analyses*, N°79. Lyon : Institut Français de l'Éducation.

Toussaint, J. (2004, février). Autour des modèles et modélisations en sciences [Polycopié]. PCL2 de SPC – IUFM de Lyon.

Vandenbrouck, F. & Ducros, X. (2006). Webphysique. [Page Web]. Accès : [http://www.webphysique.fr/cours/tab\\_per.swf](http://www.webphysique.fr/cours/tab_per.swf). [ 21 avril 2013]

## **10. Annexes**

### **Table des annexes :**

Annexe I – Analyse des appliquettes

Annexe II – Planification de la séquence

Annexe III – Dossier de l'élève

Annexe IV – Pré-tests et post-tests

Annexe V – Fiche élève pour le logiciel de simulation des gaz

Annexe VI – Description du logiciel “ Atelier théorique cinétique des gaz ”

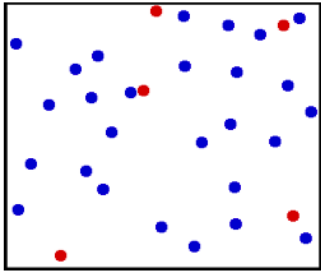
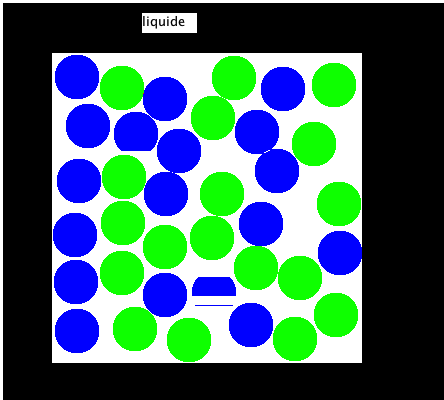
Annexe VII – Objectifs

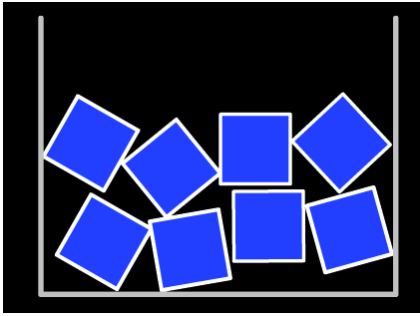
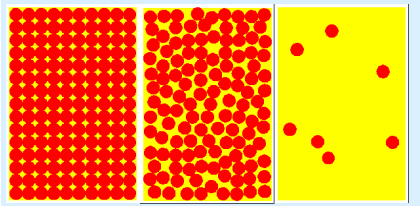
Annexe VIII – Attestation d'authenticité

## Annexe I

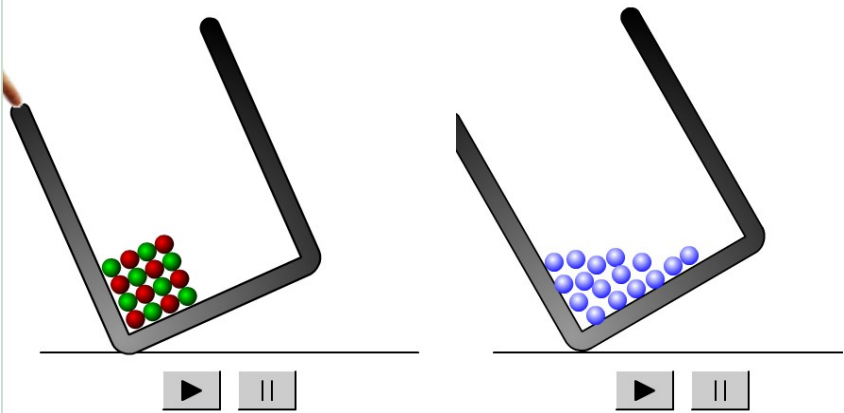
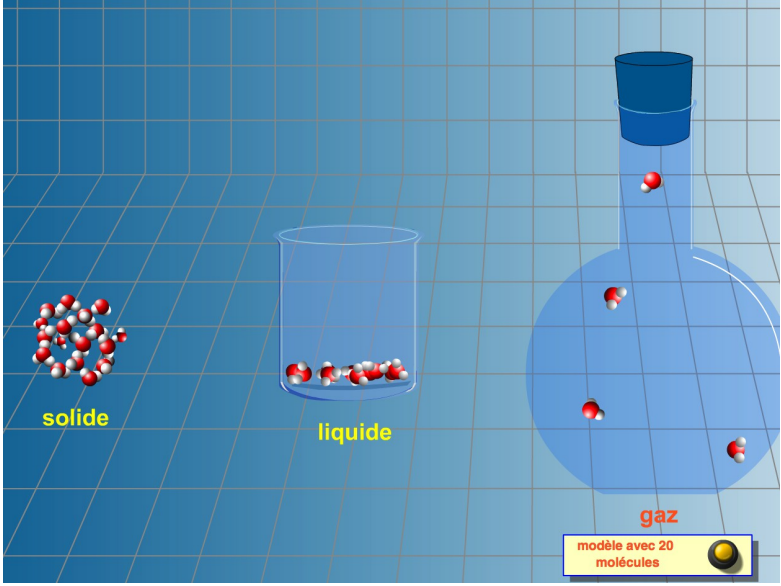
---

### **Analyse des appliquettes**

Applet	Interactivité Nombre d'interactions / Nombre de paramètres (sans les options d'affichage)	Graphisme
1. Etats de la matière		
<b>Applet 1.1</b>	0 Aucune interaction	0 Codifié
		
<p>De petites applettes sont insérées dans un texte HTML et permettent de mieux comprendre les informations. Aucune interactivité n'est possible. L'applet représente des molécules en déplacement (gaz). Le texte autour de l'applet n'est pas adapté à des élèves du CO</p> <p><a href="http://camef.nbed.nb.ca/sciences_5_8/savoirschaleur.html#haut">http://camef.nbed.nb.ca/sciences_5_8/savoirschaleur.html#haut</a></p>		
<b>Applet 1.2</b>	0 Aucune interaction	0 Codifié
		

<p>Contrairement à l'animation précédente, les trois états sont visibles successivement : solide, liquide et gazeux. Les couleurs ne sont pas les mêmes en fonction de l'état.</p>		
<p><a href="http://chris.naudin.free.fr/class">http://chris.naudin.free.fr/class</a></p>		
<p><b>Appiquette 1.3</b></p>		
	<p>1 / 0 Sélectionner solide, liquide ou gaz.</p> <p>Interactions : - Boutons poussoirs</p>	<p>1 Schéma (l'espace n'est pas délimité par un rectangle, mais par le schéma d'un récipient)</p>
<p>Les trois états de la matière sont visibles successivement. Les molécules sont en forme de carré et sont de couleurs différentes selon l'état solide, liquide et gazeux.</p>		
<p><a href="http://www.erasme.org/libre/physique-chimie/animations/les_3_etats_de_la_matiere.swf">http://www.erasme.org/libre/physique-chimie/animations/les_3_etats_de_la_matiere.swf</a></p>		
<p><b>Appiquette 1.4</b></p>		
		
<p>Les trois états de la matière sont visibles simultanément dans une page HTML suivie de questions de compréhension.</p>		
<p><a href="http://phys.free.fr/etats.htm">http://phys.free.fr/etats.htm</a></p>	<p>0 Aucune interaction</p>	<p>0 Codifié</p>



<p><b>Applicquette 1.5</b></p> 	<p>1 / 0 Démarrer / Mettre en pause.</p> <p>Interactions : - Boutons poussoirs</p>	<p>1 Schéma</p>
<p>La notion de temps est intégrée puisque l'utilisateur a la possibilité de mettre en pause. Contrairement aux autres applicquettes déjà présentées, celle-ci permet de mettre plus de propriétés de la matière en évidence : les particules fortement liées et ordonnées dans les solides, la surface libre horizontale des liquides ainsi que le passage d'une particule sur une autre.</p> <p><a href="http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/phasescontainers/phasescontainer.html">http://mutuslab.cs.uwindsor.ca/schurko/animations/phasescontainers/phasescontainer.html</a></p>		
<p><b>Applicquette 1.6</b></p> 	<p>1 / 0 Zoomer sur l'état gazeux.</p> <p>Interactions : - Boutons poussoirs</p>	<p>3 Réaliste (0 Codifié Pour le zoom)</p>
<p>Le b�cher et le ballon sont représentés de manière réalistes avec une impression de profondeur. Les dimensions ne sont pas du tout respectées.</p>		

Le problème de cette applique est principalement l'état liquide : les particules passent les unes *dans* les autres pour l'effet de profondeur.

[http://physiquecollege.free.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/qualite/chimie/etats\\_eau.htm](http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/qualite/chimie/etats_eau.htm)

### Appliquette 1.7



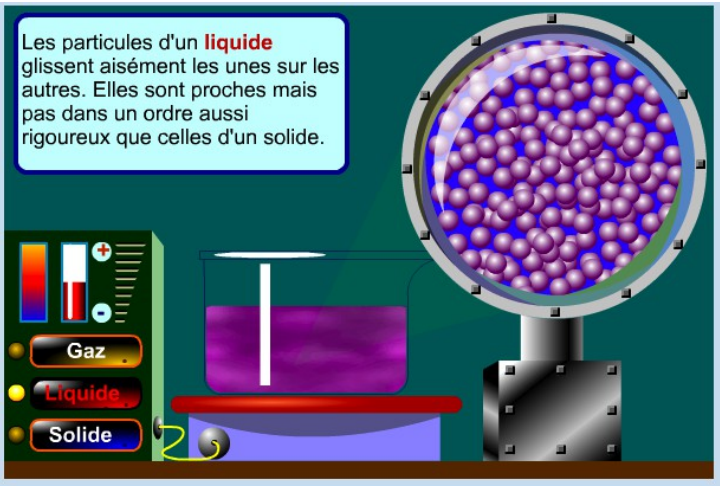
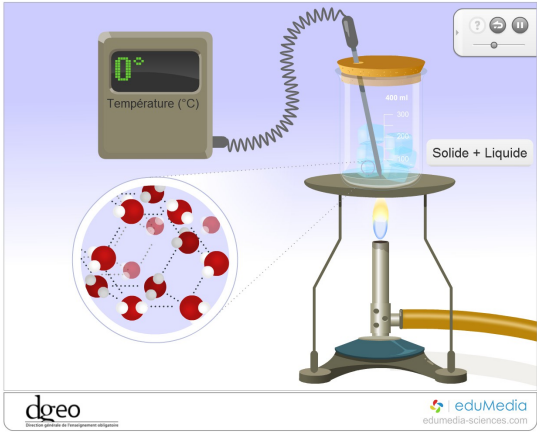
Les dimensions ne sont pas du tout respectées car les molécules sont trop grosses par rapport aux éléments macroscopiques. Cette applique a l'avantage de montrer simultanément le macroscopique et le microscopique. Ainsi, les élèves remarquent que, même si la glace ou l'eau liquide ne bougent pas, les particules sont en mouvement permanent. A l'état liquide, il y a moins de particules qui passent *dans* les autres que dans l'appliquette précédente car les molécules s'entassent les unes sur les autres. Cependant, le problème est toujours présent.

<http://www.calameo.com/link?id=37822527>

2 / 0  
Afficher /  
Cacher les  
molécules  
et zoomer.

Interactions :  
- Boutons  
poussoirs

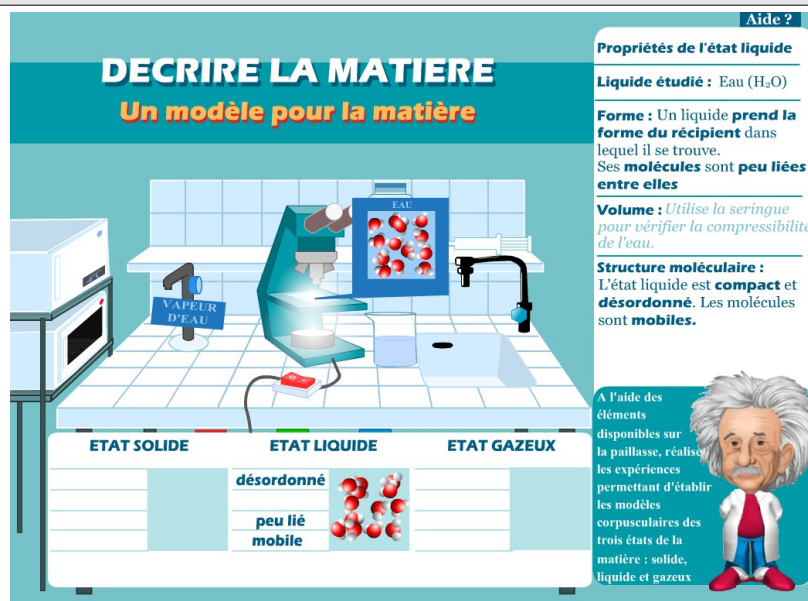
3  
Réaliste  
(0  
Codifié  
Pour le zoom)

<b>Appliquette 1.8</b>		
 <p>Les particules d'un <b>liquide</b> glissent aisément les unes sur les autres. Elles sont proches mais pas dans un ordre aussi rigoureux que celles d'un solide.</p> <p>Gaz Liquide Solide</p>	<p>1 / 0 Cliquer sur liquide, solide ou gaz.</p> <p>Interactions : - Boutons poussoirs</p>	<p>2 Imagé (Dessin d'un bécher sans réalisme)</p>
<p>L'appliquette est perdue au milieu d'une longue page HTML. C'est la même substance qui est chauffée ou refroidie. Le passage d'un état à l'autre n'est pas visible. Le texte au sommet à gauche décrit les propriétés microscopiques.</p>		
<p><a href="http://profmokeur.ca/chimie/etatsmat.htm">http://profmokeur.ca/chimie/etatsmat.htm</a></p>		
<b>Appliquette 1.9</b>		
	<p>1 / 0 Démarrer l'animation en chauffant.</p> <p>Interaction : - Bouton poussoir</p>	<p>3 Réaliste (Le montage expérimental est représenté de manière réaliste)</p> <p>0 Codifié pour la partie microscopique</p>
<p>Si la représentation du montage expérimental est réaliste, l'impression de zoom dans la matière est ici présente pour éviter que l'élève ne se construise de mauvaises représentations des dimensions (animation 1.6 et 1.7).</p>		

Les fortes liaisons à l'état solide sont présentées par des traitillés. L'appliquette montre l'état macroscopique et l'état microscopique ainsi que le changement d'état de solide à gaz par chauffage. Contrairement aux autres appliquettes où les différents états étaient présentés séparément, l'élève voit ici les liaisons se détacher et les particules s'éloigner. La température est indiquée. A noter que l'appliquette est payante.

<http://www.edumedia-sciences.com/fr/a618-3-etats-de-l-eau>

### Appliquette 1.10



Cette simulation de laboratoire permet une marge de liberté à l'utilisateur, car il peut choisir quel instrument il va sélectionner. Cependant, une fois que son choix est effectué, il doit suivre l'indication des flèches sans avoir vraiment de liberté (le choix le plus grand concerne le bécher contenant de l'eau : l'utilisateur peut choisir entre le poser sur la table, observer son contenu au microscope ou le déposer dans le frigo). La représentation d'un scientifique et d'un microscope permet à l'élève de s'identifier à un scientifique.

La notion de « petite » particule est accentuée par le microscope. Cependant, un vrai microscope optique n'est pas assez puissant pour voir ces molécules.

Toutes les informations sur les propriétés macroscopiques et microscopiques sont données à droite. Le modèle est ainsi expliqué.

<http://www.calameo.com/link?id=37822528>

>4 / >4

Sélectionner un instrument en cliquant et le déplacer. Obtenir de l'aide.

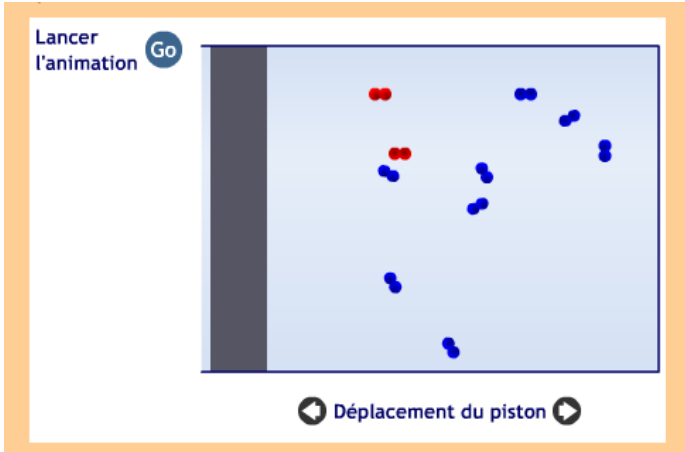

Interactions :  
- Glisser / déposer (drag and drop)  
- Bouton poussoir (aide)

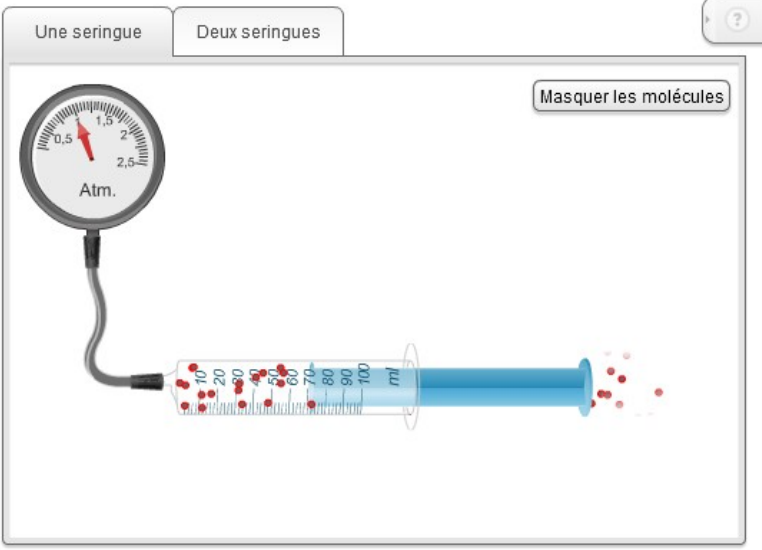
3

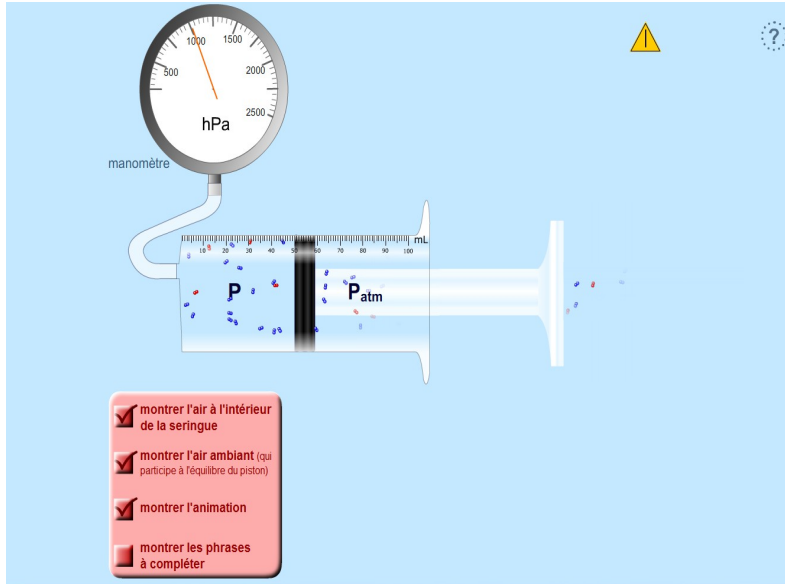
Réaliste (pour le laboratoire)

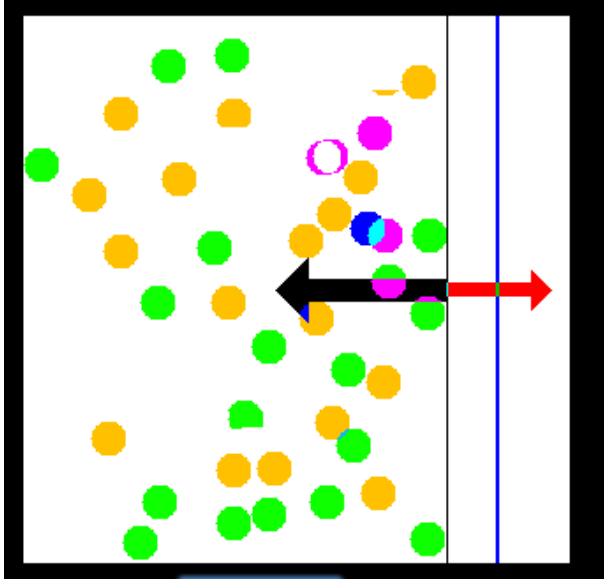
0

Codifié pour la partie microscopique

2. Compression, température et pression		
<b>Appliquette 2.1</b>		
 <p>En appuyant sur des flèches, l'utilisateur peut déplacer le piston à gauche et à droite. La compression est ainsi expliquée. Les molécules sont de deux couleurs différentes et sont chacune formées de deux atomes. Aucune valeur et aucun paramètre ne sont indiqués.</p> <p><a href="http://sciences-physiques.tice.ac-orleans-tours.fr/moodle2/pluginfile.php/2238/mod_resource/content/1/Chap03-DescriptionMoleculaire/Q-01/reponse02.htm">http://sciences-physiques.tice.ac-orleans-tours.fr/moodle2/pluginfile.php/2238/mod_resource/content/1/Chap03-DescriptionMoleculaire/Q-01/reponse02.htm</a></p>	<p>2 / 1 Lancer l'animation et déplacer le piston à gauche et à droite.</p> <p>Interactions : - Boutons poussoirs</p>	<p>0 Codifié</p>
<b>Appliquette 2.2</b>		
 <p>Au départ, le piston est caché dans le bord de droite. Rien</p>	<p>1 / 1 Déplacer le piston.</p> <p>Interaction : - Glisser / déposer (drag and drop)</p>	<p>2 Imagé</p>

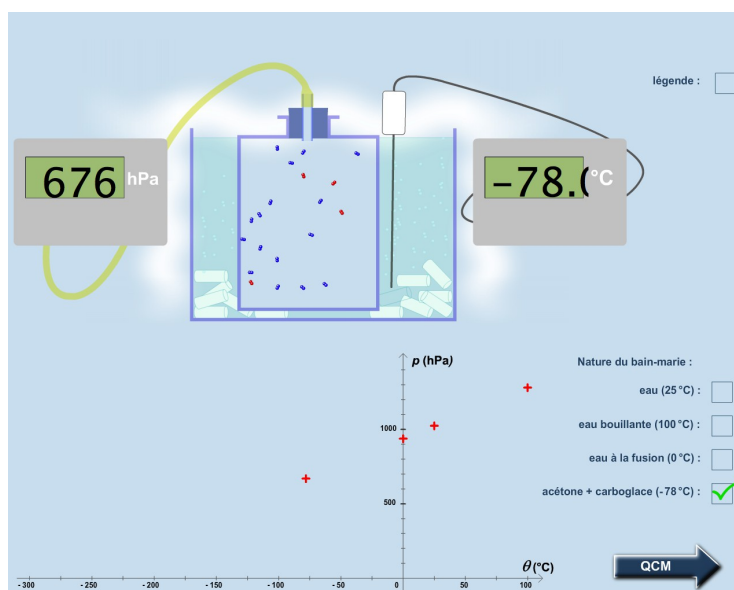
<p>n'indique que le piston peut être déplacé. Il y a une petite image d'une personne poussant le piston qui vient fausser la représentation des dimensions: la personne est plus petite que le piston et juste un peu plus grande que les particules. Une jauge permet d'évaluer la pression.</p>		
<p><a href="http://www.restode.cfwb.be/sctech/gaz.html">http://www.restode.cfwb.be/sctech/gaz.html</a></p>		
<p><b>Appliquette 2.3</b></p>		
	<p>2 / 1 Masquer les molécules et déplacer le piston à gauche et à droite.</p> <p>Interactions : - Bouton poussoir - Glisser / Déposer (drag and drop)</p>	<p>3 Réaliste</p>
<p>L'utilisateur déplace le piston. Quand il le lâche, celui-ci revient à sa position initiale. Avantage intéressant : La pression atmosphérique est présente. Les dimensions ne sont pas respectées. L'utilisateur doit connaître quelques notions sur la pression atmosphérique et le manomètre.</p>		
<p><a href="http://www.edumedia-sciences.com/fr/a776-pression-influence-du-volume">http://www.edumedia-sciences.com/fr/a776-pression-influence-du-volume</a></p>		

<p><b>Appliquette 2.4</b></p>  <p>L'utilisateur doit connaître quelques notions sur la pression atmosphérique et le manomètre. Contrairement à l'animation précédente, l'unité hPa est précisée, ce qui complexifie l'appliquette. L'utilisation de deux types de couleur et la division des molécules en deux atomes rajoutent une difficulté. En appuyant sur « aide », l'utilisateur trouve quelques informations supplémentaires. Il a également accès à des exercices.</p> <p>Comme dans l'appliquette précédente, la pression atmosphérique est présente, mais les dimensions ne sont pas respectées.</p> <p><a href="http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/qualtrieme/chimie/air_pression.swf">http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/qualtrieme/chimie/air_pression.swf</a></p>	<p>3 / 1</p> <p>Afficher / cacher les molécules. Obtenir de l'aide ou des phrases à compléter, déplacer le piston à gauche et à droite.</p> <p>Interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Liste à cocher</li> <li>- Bouton poussoir</li> <li>- Glisser / Déposer le piston (drag and drop)</li> </ul>	<p>3</p> <p>Réaliste</p>

<b>Appliquette 2.5</b>		
 <p>The diagram shows a rectangular simulation box with a thick black border. Inside, there are numerous small circles representing particles, colored green, orange, and magenta. A vertical blue line is positioned on the right side of the box, representing a piston. A black arrow points left from the piston, and a red arrow points right from the piston, indicating the force exerted by the particles on the piston. The black arrow is longer than the red arrow, suggesting a net force to the left.</p>		
<p>L'appliquette contient quelques bugs : les particules et les flèches changent parfois de couleur et certaines flèches ne s'effacent pas. Ce qui est intéressant, c'est que la flèche représentant la force des particules sur la paroi augmente progressivement jusqu'à atteindre la même intensité que la force de la paroi. La qualité de l'appliquette et l'adresse du site internet démontrent un manque de sérieux.</p>	<p>1 / 0 Démarrer l'applet.</p> <p>Interaction : - bouton poussoir</p>	<p>0 Codifié</p>
<p><a href="http://chris.naudin.free.fr/class/">http://chris.naudin.free.fr/class/</a> (cliquer sur « notion de pression »)</p>		



### Applicette 2.6



2 / 1  
Afficher /  
cacher la  
légende +  
QCM  
Choisir la  
température.

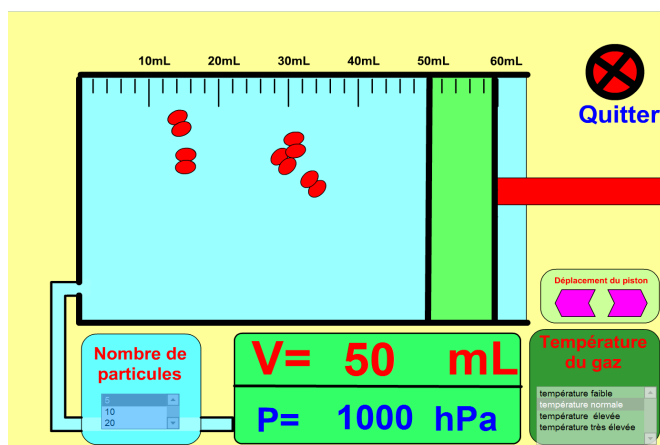
Interactions :  
Cases à cocher

2  
Imagé

Seule la température est un paramètre modifiable. L'appliquette permet de tester l'influence de la température sur la pression. La pression et la température sont visibles. Un graphique représente la pression en fonction de la température. Les légendes utilisées sont difficiles pour des élèves du CO.

[http://physiquecollege.free.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/seconde/pression\\_temperatures\\_gaz\\_parfait\\_kelvin.htm](http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/pression_temperatures_gaz_parfait_kelvin.htm)

### Applicette 2.7

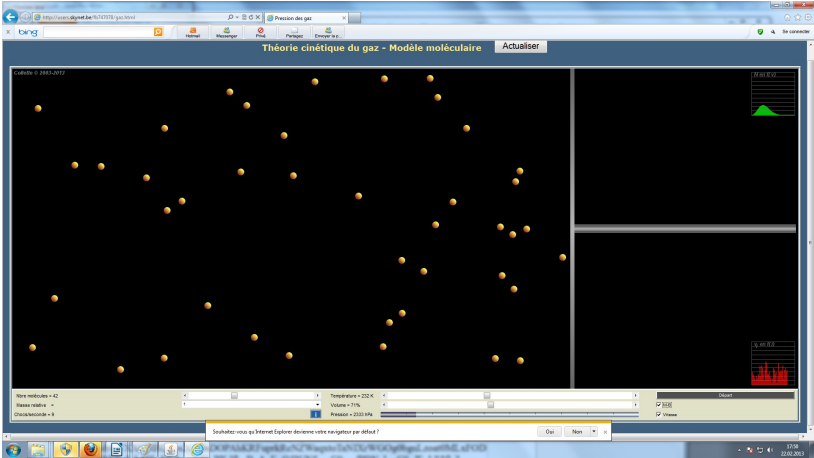


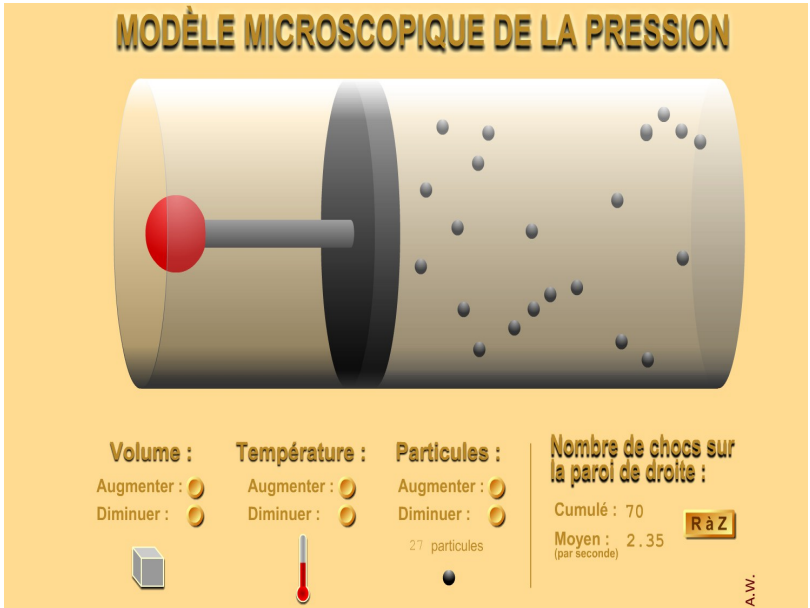
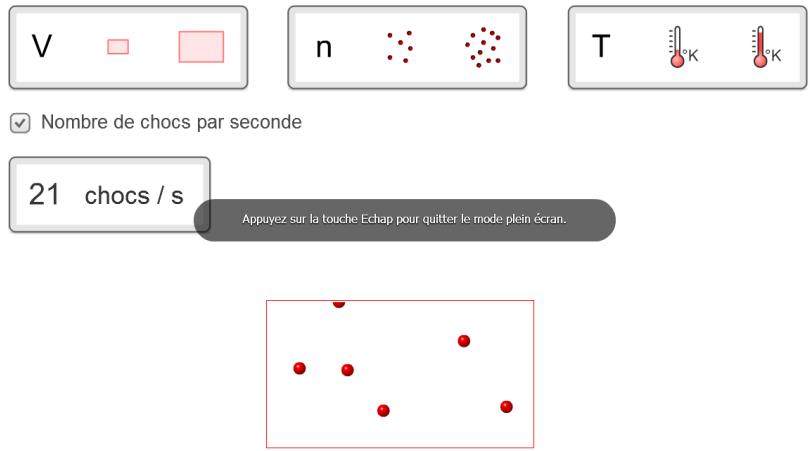
3 / 3  
Déplacer le  
piston  
Modifier le  
nombre de  
particules et la  
température.

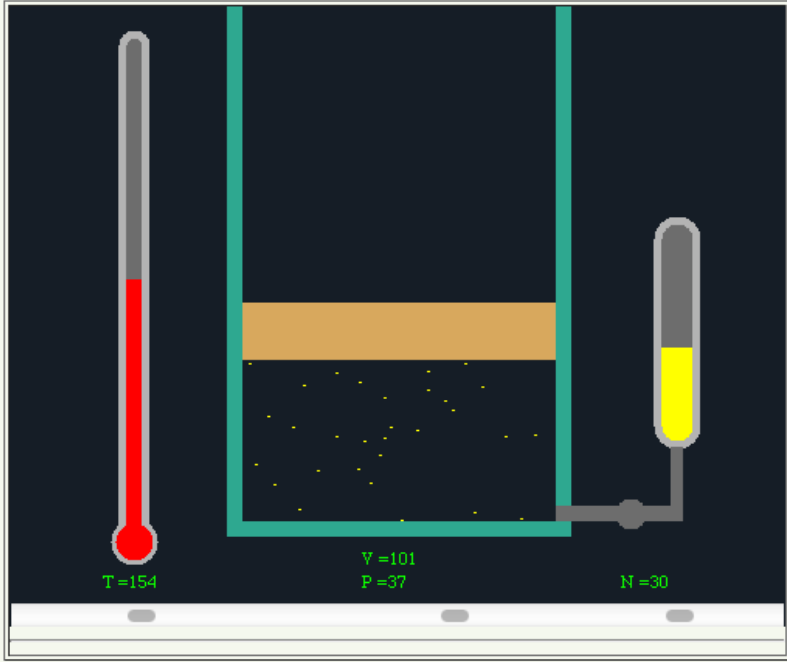
Interactions :  
- survol de la  
souris sur le  
bouton  
- liste (nombre  
de particules)  
- liste  
(température  
du gaz)

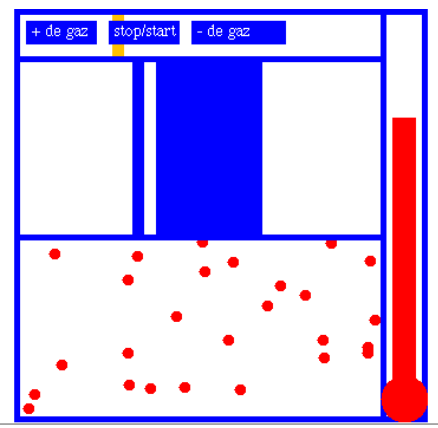
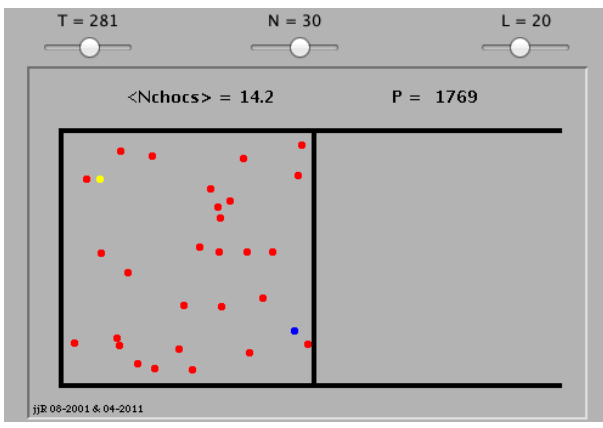
1  
Schéma

Le volume et la pression sont calculés et affichés par l'appliquette. Cette dernière ressemble aux précédentes (2.1 à 2.5) mais offre plus de possibilités de manipulations par l'utilisateur.

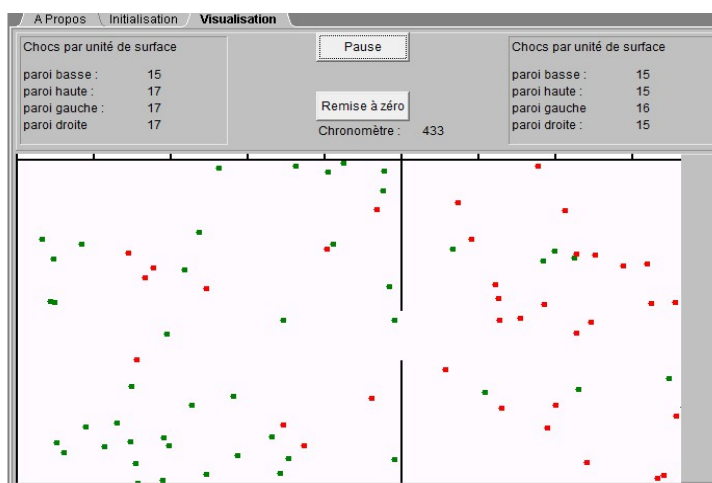
<p>Son objectif, tout comme ceux des appliquestes suivantes, vise la compréhension des paramètres qui influencent la pression (<math>PV=nRT</math>)</p> <p><a href="http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/documents/Flash/pression/pression.swf">http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/documents/Flash/pression/pression.swf</a></p>		
<p><b>Appliquette 2.8</b></p>  <p>L'appliquette est assez lente au chargement initial. Parfois, l'interface utilisateur ne s'affiche pas.</p> <p>En plus de la simulation dynamique du mouvement des particules, le nombre de chocs/seconde ainsi que la pression sont affichés. Une jauge permet de mieux évaluer le changement de pression.</p> <p>Quand l'utilisateur modifie une entrée, les conséquences sont directement visibles sur la simulation dynamique (exemple : en changeant la masse, les particules grossissent) et numériquement (changement dans le nombre de chocs/secondes).</p> <p><a href="http://users.skynet.be/fb747078/gaz.html">http://users.skynet.be/fb747078/gaz.html</a></p>	<p>&gt;4 / 4</p> <p>Modifier le nombre de molécules, leur masse, la température, le volume.</p> <p>Afficher ou non les graphiques.</p> <p>Recommencer l'animation</p> <p>Demander des informations.</p> <p>Interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une liste (masse relative)</li> <li>- 1 glisser / déposer pour le piston (drag and drop)</li> <li>- 3 sliders</li> <li>- 2 cases à cocher (graphique)</li> <li>- 2 boutons poussoirs (redémarrer, informations)</li> </ul>	<p>0</p> <p>Codifié</p>

<p><b>Appliquette 2.9</b></p>  <p>Les notions de volume, de température et de particules sont accompagnées d'une image les représentant. Le nombre de chocs cumulé et moyen de la paroi est visible. Cette appliquette contient peu de chiffres.</p> <p><a href="http://www.ostralo.net/3_animations/swf/gaz.swf">http://www.ostralo.net/3_animations/swf/gaz.swf</a></p>	<p>4 / 3</p> <p>Modifier le volume, la température, le nombre de particules et remettre à zéro le nombre de chocs.</p> <p>Interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- boutons poussoirs pour augmenter ou diminuer le volume, la température et le nombre de particules.</li> <li>- bouton poussoir pour la remise à zéro</li> </ul>	<p>3</p> <p>Réaliste</p>
<p><b>Appliquette 2.10</b></p>  <p>Dans cette animation, l'utilisateur ne peut choisir que deux états différents pour le volume, la température et le nombre de particules. Cependant, les boutons à cocher sont représentés par une image ce qui permet de n'afficher qu'un nombre : le nombre de chocs par seconde.</p>	<p>4 / 3</p> <p>Modifier le volume, le nombre de particules et la température. Afficher / effacer le nombre de chocs par seconde.</p> <p>Interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- boutons poussoirs sous forme d'images</li> <li>- case à cocher pour le</li> </ul>	<p>0</p> <p>Codifié</p>

<a href="http://www.edumedia-sciences.com/fr/a232-pv-nrt">http://www.edumedia-sciences.com/fr/a232-pv-nrt</a>	<p>nombre de chocs par seconde</p>	
<p><b>Appliquette 2.11</b></p>  <p>Une jauge permet d'évaluer la température et le nombre de particules.          Le but est de changer le volume en modifiant la température, la pression et le nombre de particules.          Le reste de la page HTML n'est pas adapté au niveau des élèves du CO.          Les particules sont très fines.</p> <p><a href="http://www.ac-nice.fr/physique/articles.php?lng=fr&amp;pg=733">http://www.ac-nice.fr/physique/articles.php?lng=fr&amp;pg=733</a></p>	<p>3 / 3          Modifier la température, le nombre de particules et l'épaisseur de la paroi.</p> <p>Interactions          - 3 sliders</p>	<p>1          Schéma</p>

<p><b>Applicquette 2.12</b></p> 	<p>4 / 3</p> <p>Modifier la quantité de gaz, la température et le volume.</p> <p>Lancer / Arrêter l'appliquette.</p>	<p>0</p> <p>Codifié</p>
<p>Un texte explicatif est disponible sur la page HTML à côté de l'appliquette pour expliciter les manipulations possibles. Une barre organe représentant la pression se déplace horizontalement. L'interactivité est basée sur le « glisser-déposer ». L'utilisateur ne sait pas ce qu'il peut faire. Pour pallier à ce problème, une description des interactions possibles est explicitée, ce qui alourdit la page.</p>	<p>Interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- boutons</li> <li>- poussoirs</li> <li>- glisser-déposer</li> </ul>	
<p><a href="http://chimge.unil.ch/Fr/mat/1mat8.htm">http://chimge.unil.ch/Fr/mat/1mat8.htm</a></p>		
<p><b>Applicquette 2.13</b></p> 	<p>3 / 3</p> <p>Modifier la température, le nombre de particules et le volume.</p>	<p>0</p> <p>Codifié</p>
<p>A chaque fois que l'utilisateur change une valeur, l'appliquette se réinitialise et les particules sont déplacées. Il est ainsi difficile de voir directement les conséquences d'une modification.</p> <p>Le nombre de chocs et la pression sont visibles.</p>		
<p><a href="http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/thermo/cinegaz.html">http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/thermo/cinegaz.html</a></p>		

## Appliquette 2.14



L'interface n'est pas dans le même onglet que la visualisation.  
 L'utilisateur peut réaliser beaucoup de manipulations et voir beaucoup de propriétés (diffusion, pression, température...). Cette appliquette demande un certain niveau de connaissances (kelvin, position de la paroi entre 0 et 1...)  
 L'interface possède beaucoup de chiffres.

Original (téléchargement nécessaire)

<http://www.epi.asso.fr/logiciel/catal/7219.htm>

Disponible sans téléchargement sous :

<http://gwenaelm.free.fr/2008-9/plugins/iconeframe/37/frame.php?lng=fr>

>4 / >4  
 Choisir entre avoir une seule case, une paroi mobile ou une paroi trouée.

2x (pour la case de gauche et de droite) :

- la température
  - le type de particules
  - la nature et la quantité de deux types de particules.
- Le bouton valider.

Interactions :

- un bouton poussoir pour valider
- des cases à cocher
- des listes
- des nombres à entrer au clavier

0  
 Codifié

## Annexe II

---

### **Planification de la séquence**

<i>Cours</i>			<i>Activités de l'enseignant</i>	<i>Activités des élèves</i>	<i>Matériel</i>	<i>Salle</i>
Séance 1 08.11.2012	Expérience : les trois états	5'	L'enseignant explique l'activité, présente le matériel, forme les groupes.	Les élèves déplacent les bancs, rejoignent leur groupe et commencent l'activité. Ils cherchent des manipulations à réaliser.	Fiche : Annexe 1 du dossier de l'élève	Salle de classe
	Objectif : découverte des propriétés de la matière	40'	<p>L'enseignant veille au bon fonctionnement des groupes.</p> <p>Après quelques minutes, une mise en commun est demandée par l'enseignant.</p> <p>Après environ 30', l'enseignant propose le sable et l'éponge (plus difficile!).</p>	Un groupe d'élèves présente quelques manipulations qu'ils ont effectuées pour aider les plus faibles.	<p>Matériel :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– divers solides (cuillères, plaquettes en aluminium...)</li> <li>– divers liquides (de l'eau, du sirop, deux béciers par groupe)</li> <li>– divers gaz (un ballon, une seringue)</li> <li>– du sable et une éponge (pour complexifier)</li> </ul>	



Séances 2-3 09.11.2012	<p>Bilan de l'expérience. La compression</p> <p>But : comprendre la définition d'un modèle et modéliser la compression</p>	30'	L'enseignant effectue une mise en commun de l'expérience. Il met un accent particulier sur l'expérience de la compression de la seringue contenant de l'eau et de l'air.	<p>Les élèves participent activement à la mise en commun. Ils complètent la première fiche.</p> <p>Un élève lit la remarque sur le quatrième état (pour information).</p>	<p>MEC à l'aide du tableau noir</p> <p>Matériel pour expérience de la maïzena :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 250g de maïzena</li> <li>– 250 ml d'eau</li> <li>– un bol vide</li> <li>– une cuillère</li> </ul> <p>Feuille 1 du dossier de l'élève Pré-test : modèle particulière</p>	Salle de classe
		15'	L'enseignant réalise l'expérience de la maïzena pour montrer que la différence entre les trois états de la matière n'est pas toujours facile à voir.	<p>Quelques élèves viennent manipuler la maïzena et explicitent leurs sensations.</p>		
		10'	L'enseignant donne la définition d'un modèle (pas la réalité mais permet de mieux la comprendre) et les bases du modèle moléculaire (insécable...).	<p>Les élèves complètent le pré-test la compression des gaz.</p> <p>Les élèves descendent en salle d'informatique.</p>		
		15'				

		15'	L'enseignant aide principalement les élèves qui ont des problèmes techniques.	Les élèves se connectent à leur compte et vont dans le dossier en commun pour copier le lien internet. Ils utilisent l'appliquette sur la compression des gaz afin de compléter le post-test.	Feuille de post-test sur la compression	Salle informatique
--	--	-----	---	--	---	--------------------

Séances 4 15.11.2012	Les états de la matière  But : expliquer les états de la matière à l'aide d'une applique		L'enseignant fait la mise en commun à l'aide de la feuille 2.	Tout le monde retourne en salle de classe.	Feuilles 2 et 3 du dossier de l'élève Projection du logiciel avec le beammer pour la MEC  Feuille pré-test et post-test sur les états de la matière Animation sur les états de la matière au beammer  Page 3	Salle de classe
		20'	L'enseignant corrige le devoir.	Les élèves participent à la mise en commun et écrivent les conclusions sur la feuille 2.		
		10'	L'enseignant ramasse les feuilles et montre les animations au beammer.	Les élèves commencent l'exercice page 3 à terminer en devoir.		
		15'	L'enseignant ramasse les post-tests, dirige la mise en commun et l'institutionnalisation.	Les élèves complètent la feuille du pré-test sur les états de la matière.  Les élèves complètent le post-test.		

<p>Séances 5-6 16.11.2012</p>	<p>La diffusion d'un gaz La pression et la température</p> <p>But : Découverte de la diffusion d'un gaz, de la température et de la pression par des expériences.</p>	<p>15'</p>	<p>L'enseignant ouvre une bouteille de parfum.</p> <p>L'enseignant dirige ensuite la mise en commun et l'institutionnalisation.</p> <p>L'enseignant présente brièvement le logiciel que les élèves vont manipuler.</p>	<p>Les élèves participent à la mise en commun. Ils complètent la page 3 et certains élèves corrigent au tableau noir.</p> <p>Les élèves se lèvent dès qu'ils sentent l'odeur. Ils marquent leurs observations et leurs interprétations sur la page 3.</p>		<p>Salle de classe</p>
-----------------------------------	---	------------	--	---	--	------------------------

		20'	L'enseignant aide surtout les élèves qui ont des problèmes techniques.	<p>Tout le monde descend en salle d'informatique.</p> <p>Les élèves s'installent, ouvrent leur session et vont chercher le lien vers l'appliquette dans l'espace commun de la classe.</p> <p>Ils complètent la partie sur la diffusion.</p> <p>Ils remontent en salle de classe pendant l'intercours.</p>	La suite du cours se déroule en salle d'informatique. Fiche élève – situation 1	Salle informatique
--	--	-----	--	---	--	--------------------

			<p>L'enseignant dirige la mise en commun et l'institutionnalisation.</p> <p>L'enseignant présente la situation-problème sur le paquet de chips.</p> <p>L'enseignant dirige la mise en commun et l'institutionnalisation de l'interprétation : « Le paquet de chips est bombé car, comme il y a moins d'oxygène en altitude, la pression est plus grande dans le paquet de chips qu'à l'extérieur. »</p> <p>L'enseignant réalise l'expérience de l'encre dans l'eau chaude et l'eau froide.</p> <p>L'enseignant gère les discussions et institutionnalise : « l'encre se disperse plus vite dans l'eau chaude ». (Attention, il ne faut pas encore distribuer la</p>	<p>Les élèves complètent la première partie de la page 4.</p> <p>Les élèves écrivent les observations et les interprétations.</p> <p>Ils participent à la mise en commun.</p> <p>Les élèves donnent leurs avis.</p>	<p>Page 4 du dossier de sciences</p> <p>Matériel pour l'expérience : 2 bécards contenant de l'eau, un réchaud, une allumette, deux cartouches d'encre (une pour chaque verre, à mettre simultanément)</p> <p>Pré-test sur la pression et la température au tableau</p>	<p>Salle de classe</p>
--	--	--	---	---	--	------------------------

<b>Séance 7 22.11.2012</b>	La pression et la température  But : explication de la pression et de la température à l'aide du modèle moléculaire	35'	L'enseignant aide en priorité les élèves en difficultés.  L'enseignant forme ensuite des groupes de travail.	Les élèves s'installent, ouvrent leur session et vont chercher le lien vers l'appliquette dans l'espace commun de la classe. Ils complètent la partie sur la pression et la température.  Les élèves discutent en groupe et commentent leurs résultats à l'aide des simulations.	Le début du cours a lieu en salle d'informatique. Fiche élève – situations 2 et 3	Salle informatique
		5'	L'enseignant écrit les questions au tableau.  L'enseignant ramasse les copies.	Les élèves répondent aux questions du post-test sur une feuille A4.	Tableau	Salle de classe
<b>Séance 8 23.11.2012</b>	Retour sur la température et la pression.  Autres propriétés : la dilatation et la conduction	20'	Terminer l'institutionnalisation de la veille. L'enseignant termine le chapitre	Les élèves participent à la mise en commun.	Pages 4 et 5 Post-test sur la pression et la température au tableau noir	Salle de classe
		20'	Pour la suite du cours, l'enseignant commence le nouveau chapitre.			

	thermique					
<b>Séance 9</b> <b>29.11.2012</b>	Evaluation sommative	45'		Les élèves complètent l'évaluation sommative.		Salle de classe



## Annexe III

---

### **Dossier de l'élève**

<b>Les états de la matière</b>
--------------------------------

Solide	Liquide	Gaz
Classe chaque élément observé dans la bonne colonne.		

**Décris brièvement quelques manipulations (exemple : pencher le verre contenant de l'eau) qui vont te permettre de trouver les caractéristiques des états de la matière.**

Décris 2 ou 3 manipulations réalisées avec des solides.

- 1) .....
- 2) .....
- .....

Décris 2 ou 3 manipulations réalisées avec des liquides.

*Exemple : Pencher le verre contenant de l'eau.*

- 1) .....
- 2) .....
- .....

Décris 2 ou 3 manipulations réalisées avec des gaz.

- 1) .....
- 2) .....
- .....

Caractéristiques	Solides	Liquides	Gaz
Forme propre (Que peut-on dire à propos de leur forme ?)			
Volume propre / Pas de volume propre			
Se mélangent / Ne se mélangent pas			
Sont compressibles / Ne sont pas compressibles			

### 3 Les états de la matière

#### 3.1 Les différents états

La matière que nous trouvons dans la nature peut se trouver sous différentes formes :



Solide : le glaçon



Liquide : l'eau liquide



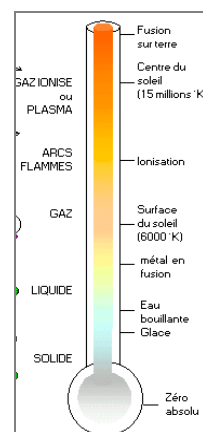
Gaz : l'air dans un ballon

Il y a donc trois états de la matière : **les solides, les liquides et les gaz.**

Après avoir terminé l'expérience (annexe 1) sur les états de la matière, complète le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	Solides	Liquides	Gaz
Forme			
Volume			
Se mélangent ou non			
Sont compressibles ou non			

*Remarque : En réalité, il existe un quatrième état de la matière : le plasma. On le retrouve dans les étoiles et le milieu interstellaire. Il constitue la majorité de notre univers (autour de 99 %). Sur Terre, on ne le rencontre pas à l'état naturel (il faut croire que nous avons réussi à habiter dans les 1% restant !), si ce n'est dans les éclairs ou les aurores boréales, mais on le produit artificiellement en appliquant des champs électriques suffisamment puissants pour séparer le noyau de ses électrons dans les gaz. Les plasmas ont de nombreuses applications (micro-électronique, écrans plats de nos téléviseurs...).*



### 3.2 Modèle moléculaire pour expliquer les différents états.

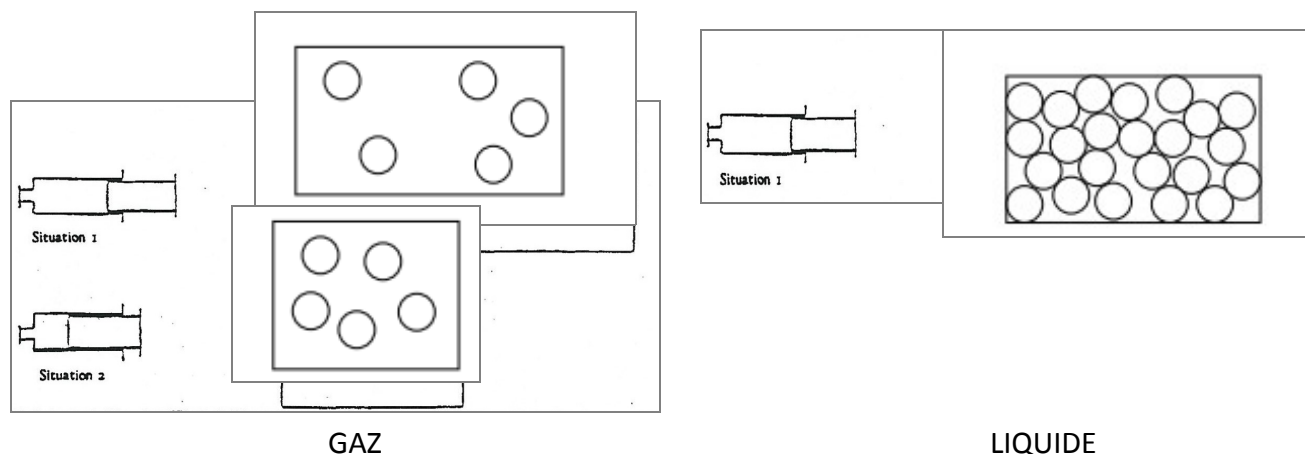
On utilise le modèle moléculaire pour **expliquer** les propriétés de la matière.

On représente la matière par un ensemble de particules nanoscopiques appelées molécules. Elles sont trop petites pour être visibles et elles ont les propriétés suivantes qui permettent d'expliquer les transformations physiques :

1. Une particule ne se déforme pas (elle ne s'aplatit pas)
2. Une particule garde les mêmes dimensions  
(son volume ne change pas, elle ne « maigrit » pas et ne « grossit » pas)
3. Une particule garde la même masse
4. Une particule ne se coupe pas.

### 3.3 La compression

Nous avons vu qu'en poussant sur les pistons d'une seringue, nous pouvons compresser un gaz (l'air). Cependant, nous ne pouvons pas compresser de l'eau. Essayons d'expliquer ce phénomène par le modèle moléculaire.



Explications :

.....

.....

.....

Qu'y a-t-il dans les espaces entre les molécules du gaz ? .....

Les molécules du gaz ne se touchent pas. Si on rapproche les molécules (compression) jusqu'au contact entre-elles, alors le gaz va devenir liquide. On appelle ce phénomène : liquéfier un gaz par compression (ex : butane).

*Remarque : Tous les gaz ne sont pas liquéfiables par compression.*

Conclusion :

#### **Gaz**

Après compression, on a toujours le même gaz. Sa quantité n'a pas changé (même nombre de molécules). Quand on diminue le volume, les molécules se serrent. Les molécules restent toujours espacées. Le gaz occupe tout le volume à disposition.

## Liquide

On ne peut pas compresser un liquide, car il y a peu d'espace entre les molécules (comme pour le solide).

## Exercices

Dans un ballon de football gonflé, on peut encore introduire de l'air (à l'aide d'une pompe, par exemple) sans changer le volume du ballon.	Dans un bidon plein d'eau, il est très difficile d'introduire encore de l'eau sans changer le volume du bidon.
---	--

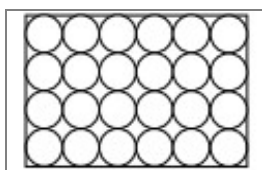
### 3.4 Les trois états



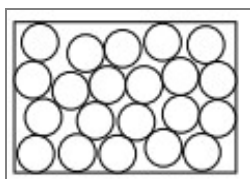
Dans le modèle moléculaire que nous utilisons pour expliquer les propriétés de la matière, les états physiques de la matière (solide, liquide ou gazeux) sont représentés par des molécules plus ou moins fortement liées entre elles (par des forces attractives).

Relie.

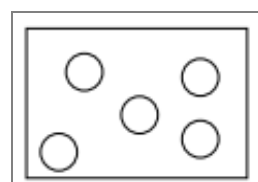
Niveau macroscopique		Niveau microscopique (le modèle)
Les solides ont une forme propre, sont très difficilement pénétrables, etc.	<input type="radio"/>	Molécules libres (non liées entre elles) <input type="radio"/> de sorte qu'elles peuvent se rapprocher ou s'éloigner les unes des autres.
Les liquides n'ont pas de forme propre, sont facilement pénétrables, etc.	<input type="radio"/>	Molécules faiblement liées entre elles <input type="radio"/> de sorte qu'elles peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres.
Les gaz sont compressibles, ils occupent tout le volume à disposition.	<input type="radio"/>	Molécules fortement liées entre elles <input type="radio"/> de sorte qu'elles ne peuvent pas se déplacer les unes par rapport aux autres.



Etat : .....



Etat : .....



Etat : .....

### 3.5 La diffusion d'un gaz

#### **Expérience**



Matériel : Un parfum

Observations : .....  
.....

Interprétations :

.....  
.....

Comment l'expliquer à l'aide du modèle moléculaire ?

.....  
.....  
.....  
.....

### 3.6 La pression d'un gaz

#### 3.6.1 Situation

Un samedi matin, tu décides d'aller skier. Tu mets dans ton sac un paquet de chips. Arrivé au sommet des pistes, tu ouvres ton sac et prends ton paquet de chips.  
Qu' observes-tu ?

.....

Pourquoi ?

.....  
.....

Explique le phénomène à l'aide du modèle moléculaire.

.....  
.....  
.....

Dessin :

### 3.6.2 Théorie

Au niveau **microscopique**, la pression d'un gaz est expliquée par la poussée (par unité de surface) due aux chocs des molécules du gaz sur une surface solide ou liquide. Plus il y aura de chocs, plus il y aura de pression. Les molécules de gaz exercent toujours une poussée sur une paroi. La pression d'un gaz n'est donc jamais nulle.

L'unité de la pression est le pascal et le symbole est : Pa. La pression de l'air atmosphérique est de 1013 hPa.

### 3.7 La température

#### Expérience



A l'aide d'une baguette ou d'une paille, on laisse tomber une goutte d'encre dans un verre d'eau froide (température entre 0°C et 5°C) et une autre dans un verre d'eau chaude (température entre 80°C et 90°C).

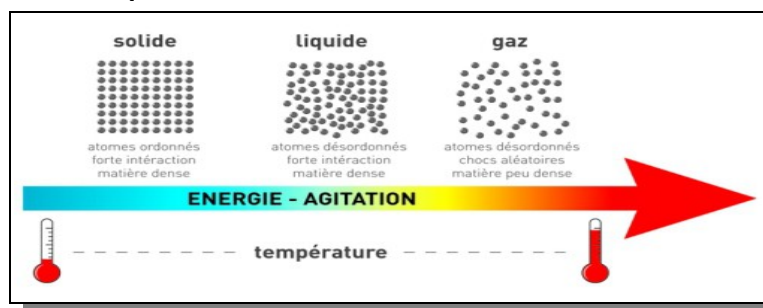
Note ce que tu observes dans l'eau froide et ce que tu observes dans l'eau chaude :

.....  
.....

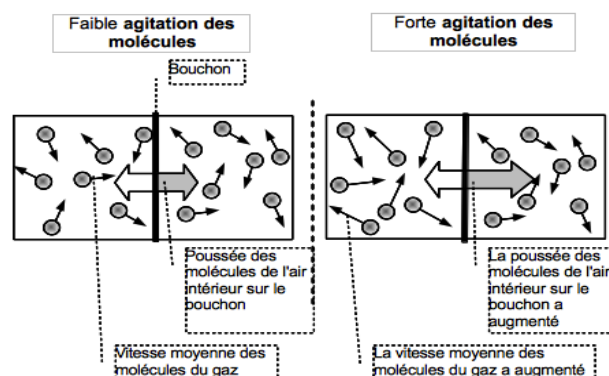
Explique ce qu'il se passe à l'aide du modèle moléculaire.

.....  
.....  
.....

Chaque molécule bouge en fonction de la température (énergie thermique). **Plus il fait chaud, plus les molécules sont agitées.** Plus il fait froid, moins les molécules bougent. Il n'y a pas de limite supérieure à la température d'un gaz. En revanche, le zéro absolu (-273,15°C) est la température la plus froide qui existe, les molécules ne bougent plus du tout. La **température est la mesure du degré d'agitation thermique.**



La violence d'un choc contre une surface étant directement liée à « l'importance » de l'agitation des molécules, **la pression d'un gaz dépend donc de sa température.**



### 3.8 Et pour les solides ?

Peut-on encore parler d'agitation moléculaire pour un solide ?

#### **Expérience**

Une cuillère métallique tenue par son manche est placée dans une flamme.

Observations et explications :

.....

.....

.....

.....

#### **Animation**

La conduction thermique dans une casserole qui chauffe.

Observations :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....



## Annexe IV

---

### **Pré-tests et post-tests**

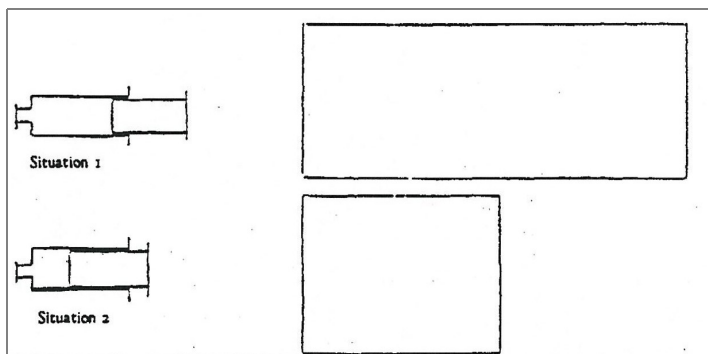
## 1) La compressibilité des gaz : Pré-test et post-test

Nom Prénom :

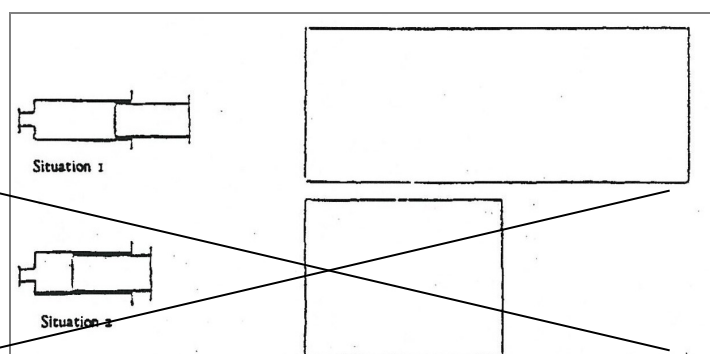
Une particule ne se déforme pas  
 Une particule garde les mêmes dimensions  
 Une particule garde la même masse  
 Une particule ne se coupe pas.

Représente les molécules dans les rectangles ci-dessous.

GAZ



LIQUIDE



Qu'y a-t-il dans les espaces entre les molécules du gaz ? .....

Comment explique-t-on qu'un gaz, contrairement à un liquide, est compressible ?

.....  
 .....  
 .....

Dans un ballon de football gonflé, on peut encore introduire de l'air (à l'aide d'une pompe, par exemple) sans changer le volume du ballon. Représente la situation à l'aide d'un dessin et explique ce qu'il se passe à l'aide d'une phrase.

2) Les états de la matière : Pré-test et post-test

Représente les molécules à l'état solide, liquide et gazeux.

Solide	Liquide	Gazeux
<div></div>	<div></div>	<div></div>
<p><b>Comment expliques-tu que...</b></p> <p>Les solides ont une forme et un volume propre.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Les liquides ont un volume propre, mais ils n'ont pas de forme propre, ils prennent la forme du récipient.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Les gaz n'ont ni une forme propre ni un volume propre.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

**3) La pression et la température : Post-test**

Le pré-test comporte quatre questions inscrites au tableau :

- 1) La température : explication par le modèle moléculaire
- 2) La pression : explication par le modèle moléculaire
- 3) Expérience : on chauffe une éprouvette remplie d'air et fermée par un bouchon en forme de patate. Après un moment, le bouchon est expulsé à l'extérieur. Expliquer le phénomène
- 4) Expliquer les changements d'états par le modèle moléculaire

## Annexe V

---

### **Fiche élève pour le logiciel de simulation des gaz**

Situation 1

## a) Observation du mouvement des particules

Sur l'écran « Initialisation », fixer les paramètres :

- « Une case »
- Température (en K) : 100
- Nombre de types de particules : un type
- Nature des particules de type 1 : diazote
- Nombre de particules de type 1 : 20

**Valider** le choix. **Lancer** la simulation.

Comment se déplacent les particules?

Que se passe-t-il lors d'un choc contre une paroi ou une autre particule ?

## b)

Sur l'écran « Initialisation », fixer les paramètres :

- « paroi trouée »
- durée avant la pause : 1000

**Paramètres de la case de gauche :**

Température (en K) : 300  
Nombre de types de particules : un type  
Nature des particules de type 1 : diazote  
Nombre de particules de type 1 : 50

**Paramètres de la case de droite:**

Température (en K) : 300  
Nombre de types de particules : un type  
Nature des particules de type 1 :  
dioxygène  
Nombre de particules de type 1 : 50

**Valider** le choix. **NE PAS LANCER** la simulation.

Qu'y a-t-il dans la partie de gauche ?

Et dans celle de droite ?

**Lancer** l'animation et attendre qu'elle s'arrête.

Qu'y a-t-il dans la partie de gauche ?

Et dans celle de droite ?

## c) Après avoir vu l'animation, que veux-tu changer dans la question a) ?

Représente la diffusion d'un gaz dans le rectangle ci-dessous.



Situation 2

a)

Sur l'écran « Initialisation », fixer les paramètres :

-« paroi mobile »

-Position de la paroi commune : 0.5

<b>Paramètres de la case de gauche :</b> Température (en K) : 300 Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 20	<b>Paramètres de la case de droite:</b> Température (en K) : 300 Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 0
---	---

**Valider** le choix. **Lancer** la simulation.

Appuyer sur « **Libérer** ».

Que fait la paroi ?

.....

.....

Quelle est la cause de ce mouvement ?

.....

.....

b)

Sur l'écran « Initialisation », fixer les paramètres :

- « paroi mobile »

- Position de la paroi commune : 0.5

- Durée avant pause : 1000

<b>Paramètres de la case de gauche :</b> Température (en K) : 300 Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 50	<b>Paramètres de la case de droite:</b> Température (en K) : 300 Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 50
---	--

**Valider** le choix. **NE PAS LANCER** la simulation.

Prévois ce qui va se passer si on libère la paroi. Justifie.

.....

.....

Clique sur « **Libérer** ». Que se passe-t-il ?



.....  
.....  
Attends que l'animation s'arrête.

Combien y a-t-il de chocs par unité de surface sur la **gauche de la paroi commune** ? .....  
Combien y a-t-il de chocs par unité de surface sur la **droite de la paroi commune** ? .....

Y a-t-il une différence ?

.....  
.....

c)

Reviens sur « **Initialisation** ». Modifie seulement la position de la paroi commune, en la mettant à **0.2**. **Valide** le choix. **NE LANCE PAS** l'animation.

Prévois ce qui va se passer si on libère la paroi. Justifie.

.....  
.....

Clique sur « **Libérer** ». Que se passe-t-il ?

.....  
.....

Attends que l'animation s'arrête.

Combien y a-t-il de chocs par unité de surface sur la **gauche de la paroi commune** ? .....  
Combien y a-t-il de chocs par unité de surface sur la **droite de la paroi commune** ? .....  
Y a-t-il une différence ?

.....  
.....

Situation 3

Sur l'écran « Initialisation », fixer les paramètres : - « paroi mobile » - Position de la paroi commune : 0.5	
<b>Paramètres de la case de gauche :</b> Température (en K) : <b>300</b> Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 50	<b>Paramètres de la case de droite:</b> Température (en K) : <b>100</b> Nombre de types de particules : un type Nature des particules de type 1 : diazote Nombre de particules de type 1 : 50
<b>Valider</b> le choix. <b>Lancer</b> la simulation.	

A gauche, la température est élevée. A droite, elle est basse.

Quelle différence vois-tu ?

.....  
.....

Si on mélange de l'eau chaude avec de l'eau froide, l'eau devient tiède. Donne une explication du point de vue des particules.

.....  
.....  
.....  
.....

Pourquoi une goutte d'encre se propage plus rapidement dans de l'eau chaude que dans de l'eau froide ?

.....  
.....  
.....  
.....

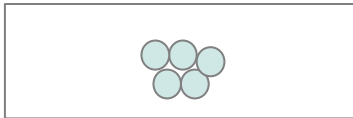
A ton avis, est-ce qu'une augmentation de la température d'un gaz va modifier la pression ? Pourquoi ?

.....  
.....  
.....  
.....

Un seul type de particule avec paroi mobile. A quoi est dû le mouvement de la paroi ?

Voici la représentation d'un gaz à la sortie de la bouteille de parfum (1), représente ce gaz après avoir attendu quelques minutes (2).

(1) A la sortie de la bouteille de parfum



(2) Après quelques minutes



## Annexe VI

---

### **Description du logiciel “ *Atelier théorique cinétique des gaz* ”**

Texte repris de : [http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0306d/Gaz\\_a.htm#7219](http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0306d/Gaz_a.htm#7219)

Conception : F. Chauvet, C. Duprez Réalisation : F. Rouzé (Adaptation d'une simulation de A. Chomat, C. Larcher, M. Méheut, G. Verneuil) SEMM, Université des Sciences et Technologies de Lille 1

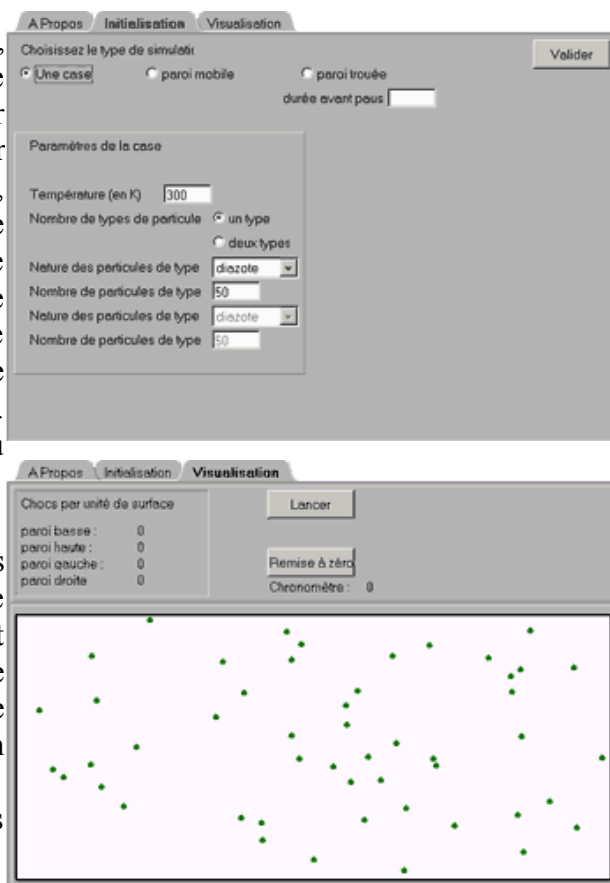
**Objectifs :** Donner une signification microscopique aux notions de pression et de température : la force pressante sur une paroi est due aux chocs des molécules sur cette paroi, et la température absolue est liée à l'agitation thermique des molécules. Dans ce but, le logiciel simule les mouvements de molécules dans un cadre rectangulaire, que l'on considère comme symbolisant le champ de leurs déplacements.

Quatre types de particules sont possibles : dihydrogène, diazote, dioxygène et une particule de masse molaire plus importante ( $200 \text{ g.mol}^{-1}$ ) dont le nom n'est pas spécifié. Cette possibilité permet d'analyser le rôle de la masse dans les effets des chocs.

Le mouvement des molécules satisfait aux lois de la théorie cinétique des gaz (répartition initiale des vitesses selon la loi de Maxwell-Boltzmann dans le cas d'une seule boîte) et de la mécanique (conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement lors des chocs entre particules avec tirage au hasard de la trajectoire d'une des particules après le choc). La position initiale des différentes particules est tirée au hasard.

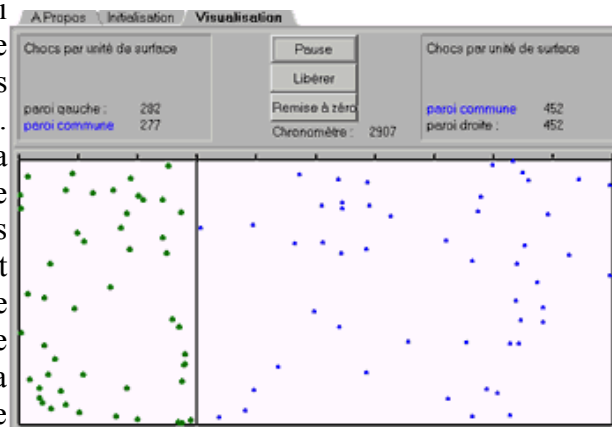
Sur l'écran dénommé : « **initialisation** », l'utilisateur choisit la température et le programme en déduit la vitesse quadratique moyenne à injecter dans la loi de Maxwell-Boltzmann ; l'utilisateur choisit également un ou deux types de particules, le nombre de particules de chaque type (le nombre de particules possible dépend de la puissance de l'ordinateur, mais un nombre raisonnable se situe aux alentours de 50 à 100 pour une boîte). La case « **durée avant pause** » permet d'afficher une durée au bout de laquelle la simulation s'arrête. L'utilisateur doit valider son choix à l'aide du bouton « **valider** ».

L'écran « **visualisation** » montre les particules dans leur position initiale et un bouton permet de **lancer** la simulation. Il est possible à tout moment de faire une **pause**, la simulation s'arrête. Elle prend fin également au bout de la durée indiquée sur l'écran initialisation. Le bouton « **lancer** » permet de faire repartir la simulation. Le nombre de chocs par unité de surface sur les



différentes parois de la boîte est indiqué au dessus de l'animation. Un « **chronomètre** » indique une durée dans une unité de temps arbitraire. Le bouton « **remise à zéro** » remet tous les compteurs à zéro mais sans retour à la situation initiale pour les particules.

Il est possible de mettre une paroi mobile dans la boîte et ainsi de créer deux cases. En haut de l'écran, est indiqué le nombre de chocs par unité de surface dans les deux cases sur les parois verticales, les chocs sur les côtés de la paroi intermédiaire étant indiqués en bleu. Il est possible de **libérer** cette paroi. Elle se déplace alors sous l'effet des chocs et s'arrête à la position d'équilibre. La paroi a une masse  $M$  dans un rapport 50 avec la plus grosse des particules. Pour déterminer le déplacement de la paroi, on considère que les particules lui cèdent leur quantité de mouvement horizontale. On maintient constante la température dans le compartiment, c'est-à-dire que la particule après la réflexion sur la paroi mobile conserve la valeur de la vitesse qu'elle avait avant le choc. Deux choix sont possibles :



« **sans oscillation** », la paroi s'immobilise assez vite dans la position d'équilibre macroscopique, c'est-à-dire lorsqu'il y a égalité des pressions des deux côtés de la paroi mobile ; « **avec oscillation** », la paroi est soumise à un faible nombre de chocs, dont les effets moyens de part et d'autre de la paroi ne se compensent pas. La paroi oscille en suivant les fluctuations des nombres de chocs. Pour tester en ligne le logiciel cliquer sur la version choisie :



[« sans oscillation »](#) ou [« avec oscillation »](#)



## Annexe VII

---

### **Objectifs**

## Objectifs généraux et spécifiques

Les objectifs en lien avec la démarche scientifique sont :

MSN 35 – Modéliser des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques...

...en mobilisant des représentations graphiques (codes, schémas, tableaux, graphiques,...)

...en associant aux grandeurs observables des paramètres

...en triant, organisant et interprétant des données

**...en communiquant ses résultats et en présentant des modélisations**

...en traitant des situations aléatoires à l'aide de notions de probabilités

...en dégageant une problématique et/ou en formulant des hypothèses

**...en recourant à des modèles existants**

...en mobilisant, selon la situation, la mesure et/ou des outils mathématiques (fonctions, statistiques, algèbre,...)

MSN 36 – Analyser des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales...

...en formulant des hypothèses

...en acquérant les connaissances nécessaires en physique et en chimie

**...en utilisant un modèle pour expliquer et/ou prévoir un phénomène naturel ou le fonctionnement d'un objet technique**

...en confrontant les hypothèses émises à des résultats expérimentaux

...en définissant des stratégies d'exploration et d'expérimentation en lien avec les hypothèses émises

...en choisissant et en utilisant des instruments d'observation et de mesure

...en proposant des explications et en les confrontant à celles de ses pairs et aux informations de médias variés

...en organisant des prises de mesures et en formalisant les résultats d'une expérience

Les objectifs en lien avec les notions de physique sont :

- Caractérisation des états (solide, liquide, gaz) de la matière par leurs propriétés macroscopiques et représentation de ces trois états à l'aide d'un modèle décliné à l'échelle des molécules

- Utilisation d'un modèle moléculaire pour interpréter, en termes d'agitation moléculaire et de liaison intermoléculaire, le changement de température et le changement d'état physique et pour donner du sens à quelques phénomènes et grandeurs physiques : température, dilatation, variation de pression des gaz, évaporation, et faire le lien avec des phénomènes atmosphériques



## Annexe VIII

---

### **Attestation d'authenticité**

***Formation professionnelle - Secondaire I Mémoire professionnel – Volée 2010***

## ***Attestation d'authenticité***

*Guide du mémoire professionnel FP - Master Secondaire I*

*Je soussigné certifie que ce mémoire constitue un travail original et j'affirme en être l'auteur. Je certifie avoir respecté le code d'éthique et de déontologie de la recherche en le réalisant.*

*Lieu : Sion*

*Date : Le 31 mai 2013*

*Nom, prénom : Fournier Stéphane*

*Signature :*